

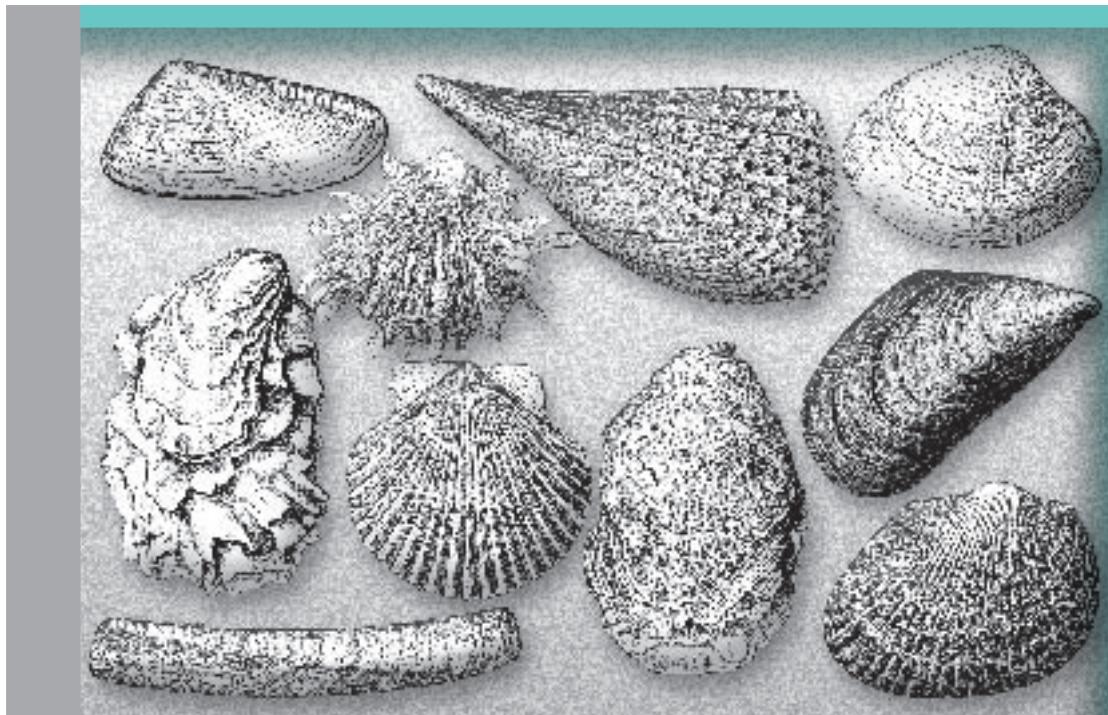
# Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura

Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina

Taller Técnico Regional de la FAO

20-24 de agosto de 2007

Puerto Montt, Chile



*Ilustración de la portada:*  
Ilustración de algunos moluscos bivalvos comerciales. Dibujos del  
Programa de Identificación y Documentación de Especies de la FAO (SIDP).  
Montaje creado por Alessandro Lovatelli y José Luis Castilla Civit.

**Los pedidos de esta publicación se han de dirigir al**  
**GRUPO DE VENTAS Y COMERCIALIZACIÓN**  
División de Comunicación  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura  
y la Alimentación  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Roma, Italia

Correo electrónico: publications-sales@fao.org  
Fax: +39 06 57053360  
Sitio Web: <http://www.fao.org>

# Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura

Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina

---

Taller Técnico Regional de la FAO

20-24 de agosto de 2007

Puerto Montt, Chile

Editado por

**Alessandro Lovatelli**

Oficial de Recursos Pesqueros (Acuicultura)

Servicio de Gestión y Conservación de la Acuicultura

FAO Departamento de Pesca y Acuicultura

Roma, Italia

**Ana Farías**

Profesora Titular

Instituto de Acuicultura

Universidad Austral de Chile, Campus Puerto Montt

CIEN Austral

Puerto Montt, Chile

e

**Iker Uriarte**

Profesor Titular

Instituto de Acuicultura

Universidad Austral de Chile, Campus Puerto Montt

CIEN Austral

Puerto Montt, Chile

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Organización de la FAO.

ISBN 978-92-5-306115-0

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material contenido en este producto informativo para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al

Jefe de la Subdivisión de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la División de Comunicación de la FAO

Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

o por correo electrónico a:

copyright@fao.org

# Preparación de este documento

Los documentos que figuran en este informe se han preparado como material de apoyo para el Taller Regional sobre el Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. El taller organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se celebró en Puerto Montt, Chile, del 20 al 24 de agosto de 2007, con la colaboración de la Universidad Austral de Chile (UACH). Los trabajos fueron encargados por el Servicio de Gestión y Conservación de la Acuicultura (FIMA), del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO y apoyado financieramente por el programa ordinario.

El taller reunió a expertos de los países de América Latina y del Caribe con el objetivo de (i) discutir aspectos técnicos y socioeconómicos relacionados con el cultivo y manejo de bivalvos; (ii) identificar las necesidades de investigación para el desarrollo futuro e inmediato; (iii) definir estrategias para aprovechar oportunidades y superar amenazas que enfrenta este tipo de producción animal; y (iv) recomendar medidas para la sustentabilidad de la industria productora de bivalvos.

Para lograr los objetivos del taller regional se implementaron una serie de mesas redondas específicas y sesiones plenarias con todos los participantes del evento. Además, un Comité Editor, compuesto por todos los editores de las sesiones de conferencias, mesas redondas y sesiones plenarias, se encargó a redactar la discusión, resultados y conclusiones de las diferentes sesiones y realizó la edición de los resultados. Considerando que uno de los objetivos del taller era la generación de recomendaciones de actuación para la sustentabilidad de la acuicultura y manejo de bivalvos, primero se realizó un diagnóstico sobre los principales problemas con respecto a políticas gubernamentales, científicas e industriales, y se sugirieron soluciones. Éstas contemplaron, entre otros aspectos, la protección de los bancos naturales y la estandarización en certificación de calidad de los moluscos bivalvos, tanto en sanidad acuícola como en inocuidad alimentaria para la salud humana.

Por último, se espera que las recomendaciones de este taller sean consideradas por las agencias de desarrollo, agentes del estado y grupos de investigación y desarrollo, nacionales e internacionales, que tengan interés y responsabilidad en consolidar y hacer sustentable el crecimiento de este sector de la acuicultura.

Las fotografías presentadas en los documentos se tomaron por los autores salvo indicación de lo contrario.

La revisión final de todos los documentos fue proporcionada por los redactores técnicos, A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte.

## Resumen

La acuicultura en los países de América Latina se ha extendido de manera continua desde hace dos décadas, particularmente relacionada con camarones y peces. Los moluscos, y en particular los bivalvos, son actualmente el tercer grupo más importante de los organismos marinos en términos de la producción de acuicultura. En 2005, de acuerdo con los datos estadísticos suministrados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se han producido aproximadamente 130 000 toneladas de moluscos en esta región. Esta producción, se ha duplicado desde el inicio de la década.

El interés por cultivar una variedad de especies de bivalvos de importancia comercial está aumentando entre los industriales del sector. En efecto, los bivalvos se alimentan en el primer eslabón de la cadena de trófica y por lo tanto, son una fuente relativamente económica de proteína animal saludable comparada con peces y crustáceos. El aumento de la demanda de tales productos puede ayudar al sector de la acuicultura en la región para su expansión y proporcionar oportunidades de empleo y de negocio.

Para promover la expansión y el desarrollo sostenible de la acuicultura y del manejo de moluscos bivalvos en la región, la FAO ha organizado el taller regional sobre el «Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina» con el propósito de discutir argumentos técnicos y socioeconómicos relacionados con los cultivos de bivalvos así como para identificar el desarrollo futuro e inmediato y las necesidades de investigación.

Los resultados del taller identifican las principales características del cultivo de moluscos bivalvos en términos de impacto económico y social y desarrollo científico y tecnológico, y propone estrategias para aprovechar las oportunidades que este sector productivo tiene y superar las amenazas que en la actualidad le afectan.

El informe analiza y presenta los resultados del taller que se han agrupado en los temas que siguen: (i) identificación de aspectos prioritarios, oportunidades de comercio y problemas enfrentados por el sector del cultivo y manejo de bivalvos en América Latina; (ii) lista priorizada de los principales temas de investigaciones y desarrollo que requieren los cultivos y el manejo de moluscos bivalvos en América Latina y en cada país; (iii) lista priorizada de las principales políticas gubernamentales, científicas e industriales que contribuyan a una estandarización de la calidad de los moluscos bivalvos en términos de seguridad alimentaria; y, (iv) lista priorizada de responsabilidades sociales y políticas que permitan un desarrollo sustentable de la producción de moluscos bivalvos. Al final se proponen acciones estratégicas de nivel nacional y regional para lograr un desarrollo sustentable de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos en la región que van a depender del nivel de desarrollo actual de este sector en cada país.

Este documento también contiene los trabajos, presentados en el taller, que describen a la situación del desarrollo de la acuicultura de bivalvos en los principales países productores de la región y otros centrados en diferentes aspectos técnicos de esta industria.

**Lovatelli, A.; Farías, A.; Uriarte, I. (eds).**

Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. 359p.

# Contenido

Preparación de este documento	iii
Resumen	iv
Contribuyentes	vii
Agradecimientos	x
Abreviaturas y acrónimos	ix

<b>Cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina: resultados y conclusiones del primer taller – ACUIBIVA 2007</b>	<b>1</b>
URIARTE, I., LOVATELLI, A., FARÍAS, A., ASTORGA, M., MOLINET, C., MEDINA, M., AVENDAÑO, M., LODEIROS, C., VELASCO, L.A., RUPP, G., CÁCERES-MARTÍNEZ, J. Y MENDO, J.	

## ANEXOS

<b>1. Programa del taller</b>	<b>25</b>
<b>2. Lista de participantes</b>	<b>29</b>
<b>3. Perfiles de los expertos</b>	<b>33</b>
<b>4. Fotografía de grupo de los expertos</b>	<b>41</b>

## DOCUMENTOS DEL TALLER 43

<b>Estado actual del cultivo de bivalvos a nivel mundial</b>	<b>45</b>
LOVATELLI, A., VANNUCCINI, S. Y MCLEOD, D.	
<b>Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en Chile</b>	<b>61</b>
URIARTE, I.	
<b>Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en la región sudeste-sur de Brasil</b>	<b>77</b>
RUPP, G.S., DE OLIVEIRA NETO, F.M. Y GUZENSKI, J.	
<b>Estado actual del cultivo de bivalvos en México</b>	<b>91</b>
MAEDA-MARTÍNEZ, A.N.	
<b>Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (<i>Argopecten purpuratus</i>) en la costa Peruana</b>	<b>101</b>
MENDO, J., WOLFF, M., CARBAJAL, W., GONZÁLES, I. Y BADJECK, M.	
<b>Cultivo de bivalvos en Colombia: ¿utopía o apuesta de futuro?</b>	<b>115</b>
VELASCO, L.A. Y BARROS, J.	
<b>Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador</b>	<b>129</b>
ALVAREZ, R., COBO, L., SONNENHOLZNER, S. Y STERN, S.	
<b>Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela</b>	<b>135</b>
LODEIROS SEijo, C. Y FREITES VALBUENA, L.	
<b>Oportunidades potenciales para la acuicultura de moluscos bivalvos en el Caribe</b>	<b>151</b>
SARKIS, S.	
<b>La molluschicoltura in Italia</b>	<b>159</b>
PRIOLI, G.	
<b>La venericoltura in Italia</b>	<b>177</b>
TUROLLA, E.	
<b>Descripción del sector mitilícola en la región de Los Lagos, Chile: evolución y proyecciones</b>	<b>189</b>
BAGNARA VIVANCO, M. Y MALTRAIN DONOSO, G.	

---

<b>Normativa aplicada al cultivo de bivalvos en Chile</b>	<b>199</b>
NORAMBUENA, R.	
<b>Legal aspects and governmental actions for the development of mollusc farming in Brazil</b>	<b>205</b>
SUPLICY, F.M.	
<b>Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y repoblamiento</b>	<b>209</b>
CAVERO CERRATO, P. Y RODRÍGUEZ PINTO, P.	
<b>Fondos para la investigación y desarrollo tecnológico de moluscos bivalvos en Chile: resultados y proyecciones</b>	<b>219</b>
HERRERA JIMÉNEZ, G.	
<b>Desafíos y perspectivas de la repoblación de moluscos bivalvos en Chile</b>	<b>223</b>
JEREZ, G. Y FIGUEROA, M.	
<b>Uso del borde costero en el mar interior de la región de Aysén y de Los Lagos: escalas e interacción de los procesos de pesca y acuicultura</b>	<b>237</b>
MOLINET, C., ARÉVALO, A., DÍAZ, M. Y DÍAZ, P.	
<b>Aspectos biológicos y poblacionales de <i>Argopecten purpuratus</i> en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo</b>	<b>249</b>
AVENDAÑO, M. Y CANTILLÁNEZ, M.	
<b>Control de la reproducción y producción de semillas de bivalvos en sistemas controlados</b>	<b>267</b>
MARTÍNEZ-GUZMÁN, G.	
<b>Estado actual del uso de marcadores moleculares en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura</b>	<b>277</b>
ASTORGA, M.P.	
<b>Programas de selección genética en bivalvos marinos con énfasis en el caso de Chile</b>	<b>289</b>
TORO, J.E.	
<b>Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos</b>	<b>297</b>
FARÍAS, A.	
<b>Manejo de cultivos bivalvos contaminados con marea roja</b>	<b>309</b>
SEGUEL, M.	
<b>Herramientas biotecnológicas en el cultivo de bivalvos</b>	<b>317</b>
BUSTAMANTE, P.I.	
<b>La patología en moluscos bivalvos: principales problemas y desafíos para la producción de bivalvos en América Latina</b>	<b>327</b>
CÁCERES-MARTÍNEZ, J. Y VÁSQUEZ-YEOMANS, R.	
<b>Problemáticas y desafíos de la producción de bivalvos de mediana y gran escala en Chile</b>	<b>339</b>
YOKOTA-BEURET, E.	
<b>Problemática y desafíos de la producción chilena de moluscos bivalvos en pequeña escala</b>	<b>343</b>
WURMANN-GOTFRIT, C.	

# Contribuyentes

**Rafael ALVAREZ**

Centro Nacional de Acuicultura e  
Investigaciones Marinas  
Guayaquil, Ecuador

**Alejandra ARÉVALO**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Puerto Montt, Chile

**Marcela P. ASTORGA**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
CIEN Austral  
Puerto Montt, Chile

**Miguel AVENDAÑO**

Universidad de Antofagasta  
Antofagasta, Chile

**Marie BADJECK**

Centro para la Ecología Marina Tropical  
Universidad de Bremen  
Bremen, Alemania

**Manuel BAGNARA VIVANCO**

Dirección Regional CORFO  
Región de Los Lagos  
Puerto Varas, Chile

**Judith BARROS**

Instituto de Investigaciones Tropicales  
Universidad del Magdalena  
Taganga, Santa Marta, Colombia

**Pedro I. BUSTAMANTE**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Puerto Montt, Chile

**Jorge CÁCERES-MARTÍNEZ**

Centro de Investigación Científica y de  
Educación Superior de Ensenada  
Baja California, México

**Marcela CANTILLÁNEZ**

Universidad de Antofagasta  
Antofagasta, Chile

**Wilmer CARBAJAL**

Instituto del Mar del Perú  
Callao, Perú

**Paola CAVERO CERRATO**

Dirección General de Acuicultura  
Lima, Perú

**Lourdes COBO**

Centro Nacional de Acuicultura e  
Investigaciones Marinas  
Guayaquil, Ecuador

**Manuel DÍAZ**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Puerto Montt, Chile

**Patricio DÍAZ**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
Puerto Montt, Chile

**Ana FARÍAS**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
CIEN Austral  
Puerto Montt, Chile

**Mauricio FIGUEROA**

Universidad Andrés Bello  
Facultad Ecología y Recursos Naturales  
Santiago, Chile

**Luis FREITES VALBUENA**

Centro Nacional de Acuicultura e  
Investigaciones Marinas  
Guayaquil, Ecuador

**Isaías GONZÁLES**

Instituto del Mar del Perú  
Callao, Perú

**João GUZENSKI**

Centro de Desenvolvimento em  
Aqüicultura e Pesca  
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil

---

<b>Gonzalo HERRERA JIMÉNEZ</b> Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico Santiago, Chile	<b>Carlos MOLINET</b> Instituto de Acuicultura Universidad Austral de Chile CIEN Austral Puerto Montt, Chile
<b>Gabriel JEREZ</b> Subsecretaría de Pesca Santiago, Chile	<b>Ricardo NORAMBUENA</b> Departamento de Acuicultura Subsecretaría de Pesca Valparaíso, Chile
<b>César LODEIROS SEIJO</b> Grupo de Investigación en Biología de Moluscos Universidad de Oriente Cumaná Edo. Sucre, Venezuela	<b>Francisco Manoel de OLIVEIRA NETO</b> Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
<b>Alessandro LOVATELLI</b> Departamento de Pesca y Acuicultura Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia	<b>Giuseppe PRIOLI</b> M.A.R.E. Soc. Coop. a r.l. Cattolica (RN), Italia
<b>Alfonso N. MAEDA-MARTÍNEZ</b> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste La Paz, México	<b>Pilar RODRÍGUEZ PINTO</b> Dirección General de Acuicultura Lima, Perú
<b>Gastón MALTRAIN DONOSO</b> Departamento de Innovación Regional CORFO Región de Los Lagos Puerto Varas, Chile	<b>Guilherme Sabino RUPP</b> Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
<b>Gloria MARTÍNEZ GUZMÁN</b> Departamento de Biología Marina Universidad Católica del Norte Coquimbo, Chile	<b>Samia SARKIS</b> Departamento de Servicios de Conservación Hamilton, Bermudas
<b>Douglas MCLEOD</b> Asociación Escocesa de Cultivadores de Moluscos Escocia, Reino Unido	<b>Miriam SEGUEL</b> Centro Regional de Análisis de Recursos y Medio Ambiente Universidad Austral de Chile Puerto Montt, Chile
<b>Matiás MEDINA</b> AVS Chile SA Puerto Varas Universidad de Los Lagos Puerto Montt	<b>Stanislaus SONNENHOLZNER</b> Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas Guayaquil, Ecuador
<b>Jaime MENDO</b> Facultad de Pesquería Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, Perú	<b>Samuel STERN</b> Centro Nacional Acuicultura e Investigaciones Marinas Guayaquil, Ecuador
	<b>Felipe M. SUPLICY</b> Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca Brasilia, Brazil

**Jorge E. TORO**

Instituto de Biología Marina  
Universidad Austral de Chile  
Valdivia, Chile

**Edoardo TUROLLA**

Istituto Delta Ecologia Applicata srl  
Ferrara, Italia

**Iker URIARTE**

Instituto de Acuicultura  
Universidad Austral de Chile  
CIEN Austral  
Puerto Montt, Chile

**Stefania VANNUCCINI**

Departamento de Pesca y Acuicultura  
Organización de las Naciones Unidas para  
la Agricultura y la Alimentación  
Roma, Italia

**Rebeca VÁSQUEZ-YEOMANS**

Instituto de Sanidad Acuícola, A.C.  
Ensenada, Baja California, México

**Luz Adriana VELASCO**

Instituto de Investigaciones Tropicales  
Universidad del Magdalena  
Taganga, Santa Marta, Colombia

**Matthias WOLFF**

Centro para la Ecología Marina Tropical  
Universidad de Bremen  
Bremen, Alemania

**Carlos WURMANN-GOTFRIT**

AWARD Ltda  
Santiago, Chile

**Eugenio YOKOTA-BEURET**

Granja Marina Chauquear  
Calbuco, Chile

# Agradecimientos

Esta publicación es el resultado de la contribución de numerosos expertos y todos ellos son sinceramente agradecidos por su dedicación y compromiso. Los documentos reproducidos en este informe se presentaron en el Taller Regional sobre el Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Los representantes de las universidades, institutos y empresas que participaron activamente en el taller y aportaron en la discusión son muy reconocidos.

Un agradecimiento especial para el gobierno de Chile, la Universidad Austral de Chile (UACH), el Centro de Investigación en Nutrición, Tecnología en Alimentos y Sustentabilidad (CIEN Austral, Chile) y el Nodo de Biotecnología Acuícola por su contribución y su inestimable apoyo en la organización del taller.

Los editores agradecen el precioso trabajo realizado por el equipo de editores científicos en la revisión de los manuscritos y elaboración de las conclusiones finales: Carlos Molinet, Marcela Astorga, Matías Medina, Miguel Avendaño, Cesar Lodeiros, Luz Adriana Velasco, Guillermo Rupp, Cesar Lodeiros, Jorge Cáceres-Martínez y Jaime Mendo.

Monica Cabezas y el equipo de apoyo técnico, Vania Cerna, María José Marchant, Soledad Pino, Jessica Dörner, Jorge Hernández y Gabriel Salvo contribuyeron con su apoyo logístico durante la preparación y ejecución del taller.

Tina Farmer y Françoise Schatto, del Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO, también han contribuido a la producción final de este documento. El diseño gráfico de este documento ha sido elaborado por José Luis Castilla Civit.

# Abreviaturas y acrónimos

<b>AAA</b>	Áreas Apropiadas para la Acuicultura (Chile)
<b>AD</b>	Ácido Domoico
<b>ADN</b>	Ácido Desoxirribonucleico
<b>AEPM</b>	Associazione Europea Produttori Molluschi
<b>AESS</b>	Aguas ecuatoriales sub-superficiales
<b>AFLP</b>	Amplified Fragment Length Polymorphism
<b>AGCI</b>	Agencia de Cooperación Internacional de Chile
<b>AMA</b>	Associazione Mediterranea Acquacoltori
<b>AMERB</b>	Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (Chile)
<b>AMPc</b>	Adenosín Monofosfato cíclico
<b>AO</b>	Ácido Okadaico
<b>APE</b>	Acuicultura de Pequeñas Escala
<b>APEC</b>	Asia-Pacific Economic Cooperation
<b>API</b>	Associazione Piscicoltori Italiani
<b>ARA</b>	Ácido Araquidónico
<b>ARN</b>	Ácido Ribonucleico
<b>ASA</b>	Agua Sub-Antártica
<b>ASL</b>	Autorità Sanitaria Locale (Italia)
<b>ASP</b>	Amnesic Shellfish Poisoning
<b>AST</b>	Aguas sub-tropicales
<b>BBSR</b>	Bermuda Biological Station for Research
<b>BCG</b>	Boston Consulting Group
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>BLAST</b>	Basic Local Alignment Search Tool
<b>CARICOM</b>	Caribbean Community
<b>CDM</b>	Centri di depurazione molluschi (Italia)
<b>CENAIM</b>	Centro Nacional de Acuacultura e Investigaciones Marinas (Ecuador)
<b>CERAM</b>	Centro Regional de Análisis de Recursos y Medio Ambiente (Chile)
<b>CIBNOR</b>	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (México)
<b>CIDA</b>	Canadian International Development Agency
<b>CIEN</b>	Centro de Investigación en Nutrición, Tecnología en Alimentos y Sustentabilidad (Chile)
<b>CIMAR</b>	Centro de Investigação Marinha e Ambiental (Portugal)
<b>CIP</b>	Consejo de Investigación Pesquera (Chile)
<b>CMPc</b>	Guanosín Monofosfato cíclico
<b>CNIC</b>	Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (Chile)
<b>COFI</b>	Committee on Fisheries (FAO)
<b>COI</b>	Citocromo Oxidasa I
<b>CONABIO</b>	Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (México)
<b>CONACYT</b>	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)
<b>CONAF</b>	Corporación Nacional Forestal (Chile)
<b>CONAMA</b>	Comisión Nacional del Medio Ambiente (Chile)
<b>CONICYT</b>	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Chile)
<b>CORFO</b>	Corporación de Fomento de la Producción (Chile)
<b>CoSPAV</b>	Consorzio per lo Sviluppo della Pesca e dell'Acquacoltura del Veneto (Italia)

---

<b>CSM</b>	Centri di spedizione molluschi (Italia)
<b>CYTED</b>	Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
<b>dcGTx<sub>s</sub></b>	Decarbamoil Gonyaulatoxinas
<b>DGA</b>	Dirección General de Acuicultura (Perú)
<b>DHA</b>	Ácido Docosahexanoico
<b>DICAPI</b>	Dirección General de Capitanías y Guardacostas (Perú)
<b>DPA</b>	Ácido docosapentanoico
<b>DSP</b>	Diarrheic Shellfish Poisoning
<b>DTX</b>	Dinofisistoxina
<b>EBI</b>	European Bioinformatics Institute
<b>ECOS</b>	Programmes Evaluation-orientation de la Coopération Scientifique (Francia)
<b>ELBA</b>	Estudios de línea base
<b>EMBL</b>	European Molecular Biology Laboratory
<b>ENSO</b>	El Niño/Oscilación del Sur
<b>EPA</b>	Ácido Eicosapentanoico
<b>ESI</b>	Electrospray Ionization
<b>ESPOL</b>	Escuela Superior Politécnica del Litoral (Ecuador)
<b>EST</b>	Expressed Sequence Tags
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization of the United Nations
<b>FDA</b>	US Food and Drug Administration
<b>FDI</b>	Fondo de Desarrollo e Innovación (Chile)
<b>FIA</b>	Fundación para la Innovación Agraria (Chile)
<b>FIDAES</b>	Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre (Venezuela)
<b>FIP</b>	Fondo de Investigación Pesquera (Chile)
<b>FIRA</b>	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (México)
<b>FIUPAP</b>	Federación de Integración y Unificación de los Pescadores Artesanales del Perú
<b>FNDR</b>	Fondo Nacional de Desarrollo Regional (Chile)
<b>FOB</b>	Free-on-board
<b>FONDECYT</b>	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Chile)
<b>FONDEF</b>	Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Chile)
<b>FONDEPES</b>	Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (Perú)
<b>FONTEC</b>	Fondo para el Desarrollo Tecnológico y Productivo (Chile)
<b>FUDENA</b>	Fundación para la Defensa de la Naturaleza (Venezuela)
<b>FUNDACITE</b>	Fundación para la Ciencia y la Tecnología (Venezuela)
<b>GAS</b>	Gene assisted selection
<b>GIS</b>	Geographic Information Systems
<b>GTZ</b>	Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit (Alemania)
<b>HACCP</b>	Hazard Analysis of Critical Control Points
<b>HPLC</b>	High Pressure Liquid Chromatography (Cromatografía de Alta Resolución)
<b>HUFA</b>	Ácidos grasos altamente insaturados
<b>IDRC</b>	The International Development Research Centre (Canadá)
<b>IED-BIG</b>	Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande (Brasil)
<b>IFOP</b>	Instituto de Fomento Pesquero (Chile)
<b>IFREMER</b>	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
<b>IFS</b>	International Foundation for Science
<b>IG</b>	Índice gonadosomático
<b>IGV</b>	Impuesto General a las Ventas
<b>IIFET</b>	International Institute of Fisheries Economics and Trade

---

<b>IMARPE</b>	Instituto del Mar del Perú (Perú)
<b>INSOPESCA</b>	Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura (Venezuela)
<b>INCODER</b>	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
<b>INFA</b>	Informativo Ambiental (Chile)
<b>INTESAL</b>	Instituto Tecnológico del Salmón (Chile)
<b>INVEMAR</b>	Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (Colombia)
<b>ISMEA</b>	Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (Italia)
<b>ISTAT</b>	Istituto nazionale di statistica (Italia)
<b>ITESM</b>	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (México)
<b>ITP</b>	Instituto Pesquero de Perú
<b>IUCN</b>	the International Union for Conservation of Nature
<b>JGI</b>	DOE Joint Genome Institute (US Department of Energy)
<b>JICA</b>	Japan International Cooperation Agency
<b>LBMA</b>	Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (Chile)
<b>LGP</b>	Ley General de Pesca (Perú)
<b>LGPA</b>	Ley General de Pesca y Acuicultura (Chile)
<b>LMM</b>	Laboratório de Moluscos Marinhos (Brasil)
<b>LPDA</b>	Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura (Perú)
<b>MALDI</b>	Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization
<b>MAS</b>	Marker assisted selection
<b>MIPAF</b>	Ministero Politiche Agricole e Forestali (Italia)
<b>NACA</b>	Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (Tailandia)
<b>NAFIN</b>	Nacional Financiera (México)
<b>NCBI</b>	Nacional Center for Biotechnology Information
<b>NSSP</b>	National Shellfish Sanitation Programme (Brasil)
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
<b>OIE</b>	Organización Mundial de Sanidad Animal
<b>PAC</b>	Programa de Aseguramiento de Calidad
<b>PCR</b>	Polymerase Chain Reaction
<b>PET</b>	Programa de Economía del Trabajo (Chile)
<b>PGs</b>	Prostaglandinas
<b>PLDM</b>	Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura (Brasil)
<b>PMER</b>	Planes de manejo de recurso bentónicos
<b>PNA</b>	Política Nacional de Acuicultura (Chile)
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
<b>PRODUCE</b>	Ministerio de la Producción (Perú)
<b>PSMB</b>	Programa Sanitario de Moluscos Bivalvos (Chile)
<b>PSP</b>	Paralytic Shellfish Poisoning
<b>PTX</b>	Pectenotoxinas
<b>PYME</b>	Pequeña y Mediana Empresa
<b>qPCR</b>	Quantitative Polymerase Chain Reaction
<b>QTL</b>	Quantitatives Traits Loci
<b>RAMA</b>	Reglamento Ambiental para la Acuicultura (Chile)
<b>RAPD</b>	Random Amplified Polymorphic DNA
<b>RCA</b>	Resolución de Calificación Ambiental
<b>RFLP</b>	Restriction Fragment Length Polymorphic
<b>SANIPES</b>	Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (Perú)
<b>SCI</b>	Science Citation Index
<b>SEAP</b>	Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (Brasil)
<b>SEIA</b>	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
<b>SEREMI</b>	Secretaría Regional Ministerial (Chile)
<b>SERNAPESCA</b>	Servicio Nacional de Pesca (Chile)

<b>SIMAC</b>	Sistema de Investigación del Mar del Cortés (Méjico)
<b>SNASPE</b>	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Chile)
<b>SNP</b>	Single Nucleotide Polymorphism
<b>SSR</b>	Simple Sequence Repeats
<b>STX</b>	Saxitoxinas
<b>SUBPESCA</b>	Subsecretaría de Pesca (Chile)
<b>TUPA</b>	Texto Único de Procedimientos Administrativos (Perú)
<b>UABCS</b>	Universidad Autónoma de Baja California Sur (Méjico)
<b>UACH</b>	Universidad Austral de Chile
<b>UCN</b>	Universidad Católica del Norte (Chile)
<b>UFSC</b>	Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil)
<b>UNAB</b>	Universidad Andrés Bello (Chile)
<b>UNALM</b>	Universidad Nacional Agraria La Molina (Perú)
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme
<b>UNIDO</b>	United Nations Industrial Development Organization
<b>UTF</b>	Unilateral Trust Fund
<b>VAM</b>	Veneno amnésico de los mariscos
<b>VDM</b>	Veneno diarreico de los mariscos
<b>VPM</b>	Veneno paralizante de los mariscos
<b>WCR</b>	Wider Caribbean Region

# Cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina: resultados y conclusiones del primer taller – ACUIBIVA 2007

**Uriarte, I., Lovatelli, A., Farías, A., Astorga, M., Molinet, C., Medina, M., Avendaño, M., Lodeiros, C., Velasco, L.A., Rupp, G., Cáceres-Martínez, J. y Mendo, J.** 2008. Cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina: resultados y conclusiones del primer taller - ACUIBIVA 2007. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 1–23.

## RESUMEN

Para seguir apoyando el desarrollo sostenible del cultivo de moluscos bivalvos en América Latina, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), organizó una reunión regional en forma de foro de expertos regionales para debatir cuestiones pertinentes a las que actualmente se enfrenta la industria. Los expertos que asistieron a la reunión destacaron cuestiones técnicas y socioeconómicas relacionadas al cultivo de bivalvos, así como identificaron las investigaciones y políticas futuras necesarias para promover el desarrollo de este sector económico.

## ABSTRACT

To further support the sustainable development of bivalve aquaculture in Latin America, a regional meeting was organized by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) as a forum for regional experts to discuss relevant issues currently faced by the industry. The experts attending the meeting highlighted technical and socio-economic issues related to bivalve farming as well as identified future research and policy needs to promote the development of this economic sector.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura en los países de América Latina se ha extendido de manera continua en los últimos 20 años, relacionándose particularmente con camarones en Ecuador y México, y con salmones y bivalvos en Chile. En el año 2005, de acuerdo con los informes estadísticos suministrados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se produjeron aproximadamente 130 000 toneladas de moluscos en esta región, mostrando que el interés por cultivar bivalvos de importancia comercial está aumentando entre los industriales del sector pesquero. Una de las ventajas de este tipo de molusco es su alimentación por filtración de fitoplancton natural, lo que reduce el monto de la inversión requerida por tratarse de cultivos extensivos, así como su impacto ambiental en comparación con los cultivos de peces y crustáceos. Por otro lado, los bivalvos son una fuente de proteína animal saludable con altos niveles de ácidos grasos esenciales, lo que ha motivado un aumento en el consumo

de estos productos marinos, permitiendo proyectar una significativa expansión de este sector de la acuicultura. Esta situación de consolidación de la acuicultura de moluscos bivalvos, proporcionará oportunidades de empleo y de negocio tanto a pequeños como medianos y grandes productores, y se podría constituir en un factor relevante de subsistencia y desarrollo para comunidades rurales costeras.

Según FAO, Chile ocupa el octavo lugar en la producción acuícola mundial, quintuplicado su producción en los últimos 10 años y posicionándose en el primer lugar de producción en América Latina. En términos de producción acuícola, los moluscos, y en particular los bivalvos, son actualmente el tercer recurso más importante en Chile, ubicando a este país dentro de los tres primeros productores mundiales de pectínidos y mitílidos de cultivo. En América Latina, la tendencia de crecimiento en acuicultura de bivalvos observada en Chile se está desarrollando también en Perú y Brasil, donde el cultivo de pectínidos se ha incrementado, significativamente, en los últimos años.

Para promover la expansión y el desarrollo sustentable del cultivo de bivalvos en la región, desde el punto de vista técnico, socioeconómico y ambiental, es necesario colaborar y fomentar el diálogo regional entre expertos. Lo anterior necesariamente debe considerar el manejo de las poblaciones naturales de moluscos bivalvos, las cuáles además de sostener las pesquerías de este tipo de recursos, aportan larvas, semillas y reproductores para el cultivo de estas especies.

Durante la pasada sesión del Comité de Pesca de FAO (COFI) y el Subcomité de Acuicultura (COFI-SCA), los países miembros solicitaron a FAO que desarrollase la discusión y diagnóstico para la acuicultura sustentable de las zonas costeras y en particular, enfocada en la acuicultura marina. En este contexto, en agosto del 2007 FAO organizó el taller regional sobre el cultivo de bivalvos titulado «*Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina (ACUIBIVA 2007)*». Este taller, que se organizó en conjunto con Universidad Austral de Chile, se desarrolló en la Décima Región ubicada en el Sur de Chile, en la cuál se desembarca el 77 por ciento de los moluscos bivalvos de ese país y se producen 91 000 toneladas anuales de bivalvos cultivados.

El taller sobre acuicultura y manejo de moluscos bivalvos reunió a expertos de los países de América Latina con el objetivo de: (i) discutir aspectos técnicos y socio-económicos relacionados con el cultivo y manejo de bivalvos; (ii) identificar las necesidades de investigación para el desarrollo futuro e inmediato; (iii) definir estrategias para aprovechar oportunidades y superar amenazas que enfrenta este tipo de producción animal; y, (iv) recomendar medidas para la sustentabilidad de la industria productora de bivalvos. Se espera que tales recomendaciones sean llevadas a cabo por agencias de desarrollo, agentes del estado y grupos IyD, nacionales e internacionales, que tengan interés en consolidar y hacer sustentable el crecimiento de este sector de la acuicultura.

## METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos del taller regional “*Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina (ACUIBIVA 2007)*”, se diseñó un programa de trabajo que contempló exposiciones orales de expertos de América latina y algunos invitados europeos (Anexos 2, 3 y 4). Se definió un Comité Científico, conformado por académicos del Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile, el director del Centro de Investigación en Nutrición, Tecnología en Alimentos y Sustentabilidad (CIEN Austral) y el representante de FAO, que estuvo a cargo de elaborar el programa, definir el conjunto de resultados esperados, así como la metodología para obtenerlos. Esta metodología consistió en la implementación de mesas redondas específicas y sesiones plenarias con todos los participantes del evento y una sesión final de edición. Además, se definió un Comité Editor, compuesto por todos los editores de las sesiones de conferencias,

mesas redondas y sesiones plenarias, cuya función fue redactar la discusión, resultados y conclusiones de las diferentes sesiones.

El día 1, al finalizar las conferencias, todos los expositores formaron un panel de expertos frente al plenario de participantes, desarrollando los cinco resultados esperados según el programa de trabajo. Durante los días 2 y 3, se desarrollaron mesas redondas específicas para siete temas (Anexo 1), siendo éstos por tanto analizados por un tercio y un cuarto de los participantes, respectivamente. Al finalizar las mesas redondas los días 2 y 3 se realizaron sesiones plenarias, en ellas cada moderador de mesa hizo la presentación de resultados y conclusiones de su grupo, los que se llevaron a la discusión plenaria. El día 4 los conferencistas expertos realizaron una salida a terreno que contempló la visita a la empresa Toralla (Isla Lemuy, Chiloé), el mayor centro de cultivo de moluscos bivalvos de Chile y, posteriormente, la visita a una de las mayores y más modernas plantas de proceso de bivalvos existentes en el país, perteneciente a la Empresa San José (Puerto Montt).

El día 5 se realizó la edición de los resultados a cargo del Comité Editor. En esta sesión se discutieron los resultados finales y se definieron los cronogramas y responsabilidades para la edición de los manuscritos entregados por los expertos. Estos manuscritos se adjuntan a continuación de los resultados del taller.

Considerando que uno de los objetivos del taller era la generación de recomendaciones de acción para la sustentabilidad de la acuicultura y manejo de bivalvos, primero se realizó un diagnóstico sobre los principales problemas con respecto a políticas gubernamentales, científicas e industriales, y se sugirieron soluciones. Éstas contemplaron entre otros aspectos, la protección de los bancos naturales y la estandarización en certificación de calidad de los moluscos bivalvos, tanto en sanidad acuícola como en inocuidad alimentaria para la salud humana.

## RESULTADOS ESPERADOS

El Comité Científico definió cinco resultados esperados con la realización de taller ACUIBIVA 2007:

- I. Identificación de aspectos prioritarios, oportunidades de comercio y problemas enfrentados por el sector del cultivo y manejo de bivalvos en América Latina.
- II. Lista priorizada de los principales temas de IyD que requieren los cultivos y el manejo de moluscos bivalvos en América Latina y en cada país.
- III. Lista priorizada de las principales políticas gubernamentales, científicas e industriales que contribuyan a una estandarización de la calidad de los moluscos bivalvos en términos de seguridad alimentaria.
- IV. Lista priorizada de responsabilidades sociales y políticas que permitan un desarrollo sustentable de la producción de moluscos bivalvos.
- V. Proponer las bases para una estrategia de acción a nivel nacional y regional en base a los resultados finales.

Cada uno de estos resultados esperados es analizado a continuación.

## **I. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS PRIORITARIOS, OPORTUNIDADES DE COMERCIO Y PROBLEMAS ENFRENTADOS POR EL SECTOR DEL CULTIVO Y MANEJO DE BIVALVOS EN AMÉRICA LATINA**

Diferentes problemas relacionados con las oportunidades de comercio de bivalvos cultivados en América Latina fueron detectados durante el Taller ACUIBIVA 2007 (Cuadro 1). Luego de ser analizados, estos problemas fueron agrupados en tres grandes temas: (i) desarrollo de mercados; (ii) comercialización de subproductos; y (iii) estándares de calidad. Para cada uno de ellos se recomendaron acciones que deberían ser consideradas por los países que hoy en día desarrollan o promueven el cultivo de bivalvos. Los temas y sus problemas se analizan a continuación.

### **DESARROLLO DE MERCADOS**

Destaca la falta de diversidad en los mercados externos y la consecuente dependencia de unos pocos compradores. Esta situación mantiene en riesgo la venta y producción permanente de moluscos bivalvos pues si el comprador falla, no habría alternativas de venta. A lo anterior se suma la reducida capacidad de oferta resultante del escaso valor agregado que en la actualidad se le da a este tipo de productos. Parte de los dos problemas antes mencionados tiene relación con la reducida visión que se ha tenido de las condiciones de mercado previo al inicio de proyectos de cultivo de bivalvos. En este punto la responsabilidad se reparte entre los emprendedores y las entidades que otorgan el financiamiento. Mientras los primeros arriesgan su inversión al no incluir profesionales expertos en el análisis de mercados y por tanto, al desconocer los mercados del producto a ser cultivado, los segundos cometen una falta al evaluar y finalmente co-financiar proyectos con baja viabilidad comercial.

**CUADRO 1**

**Principales problemas relacionados con las oportunidades de comercio enfrentados por los productores de bivalvos en América Latina. El orden se encuentra sistematizado en relación a la prioridad**

Tema	Problema	Acción recomendada
Desarrollo de mercados (internos y externos)	Reducida diversidad de mercados	Desarrollar estudios para buscar e implementar nuevos mercados internos y externos Participar en ferias internacionales
	Desconocimiento de la demanda interna y externa	Identificar necesidades del mercado y satisfacerlas Incluir expertos en este tema en los proyectos de inversión que se formulen
	Escaso valor agregado	Fomentar el desarrollo de nuevos productos
	Desconocimiento de la competencia externa	Desarrollar misiones tecnológicas
Comercialización de subproductos	Poco interés y reducida inversión para aprovechar las posibles oportunidades asociadas a este tema	Promover investigación, tecnología e innovación en este tema Prospectar las posibilidades de comercialización de cada subproducto
	Bajo consumo interno	Promover características saludables e inocuas
Estándares de calidad	Desconocimiento de la calidad del producto (estado sanitario)	Implementar tecnología Redactar y difundir manuales de producción Fomentar la mantención de cadena de frío Mejorar la presentación de productos
	Falta de denominación de origen	Desarrollar estrategias para posicionamiento Generar denominación de origen e identidad
	No existen estándares de calidad	Establecer código de prácticas Desarrollar y crear estándares y sellos de calidad o certificación (ISO, etiquetado verde, etc.) Certificar la calidad sanitaria de las aguas utilizadas en el cultivo Fomentar una legislación con normas equivalentes entre el mercado interno y externo

**Acciones recomendadas:**

- La solución a estos problemas requeriría un esfuerzo hacia la generación de nuevos productos y un incremento en la participación de los países productores en ferias internacionales relacionadas con el tema. En esta acción se espera un activo aporte y soporte de las instituciones gubernamentales cuyo objetivo es promover las actividades comerciales del país en el exterior.
- Las actividades mencionadas en el punto anterior deberían complementarse con estudios tendientes a agregar valor a la producción y a desarrollar mercados internos y externos para estos nuevos productos. Este último tipo de estudio reduciría además, el desconocimiento que existe sobre las características de la demanda tanto en países potencialmente compradores, como del mercado interno.
- El desarrollo de misiones tecnológicas en tanto, también ha sido destacado como una solución a muchos de estos problemas, por cuanto contribuirían a conocer la situación y forma de operar de la competencia extranjera (*benchmarking*). Este conocimiento permitiría adoptar prácticas exitosas o generar procedimientos que al no estar en otros países, incrementaría la competitividad de los productores locales.

**COMERCIALIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS**

El aprovechamiento y comercialización de los distintos subproductos derivados del procesamiento de bivalvos también ha sido destacada como una oportunidad de comercio asociada a su cultivo y manejo. El aumento en la competitividad de la actividad que este aprovechamiento acarrearía, permitiría al mismo tiempo reducir una serie de impactos ambientales hoy en día atribuidos a los desechos generados por esta actividad (i.e. conchas, restos de tejidos, organismos incrustantes). Sin embargo, hoy es posible detectar poco interés en la industria y una reducida inversión pública y privada para el desarrollo de ciencia, tecnología e innovación en este tema.

**Acciones recomendadas:**

- Promover el desarrollo de investigación, tecnología e innovación en relación al uso de los diversos subproductos derivados del cultivo de bivalvos.
- Desarrollar estudios de mercado que permitan definir las posibilidades de comercializar estos subproductos.

**ESTÁNDARES DE CALIDAD**

Otro de los problemas que reduce las oportunidades de comercio de bivalvos cultivados en América Latina se relaciona con la desconfianza que existe en el consumidor sobre el estado sanitario de estos productos. Esta situación, reflejada en un bajo consumo interno, se agrava debido a la inexistencia de estándares de calidad conocidos y respetados por todos aquellos que intervienen en la cadena de valor. Cuando se trata de exportaciones de este tipo de alimentos, destaca además la inexistencia de una denominación de origen que les otorgue identidad y los posicione a nivel mundial.

**Acciones recomendadas:**

- Este escenario podría ser mejorado mediante el desarrollo de los estudios de mercado señalados en el primer punto y a través de la aplicación de una estrategia publicitaria agresiva de información y promoción de las características saludables e inocuas de este tipo de alimento.
- El punto anterior debe considerar la implementación de tecnología, la difusión de manuales de procedimientos y una mayor eficiencia y preocupación por la comercialización, respetando, por ejemplo, la cadena de frío y la presentación del producto.
- En el caso de exportaciones, la promoción de los productos derivados del cultivo de bivalvos debería ir asociada a una denominación de origen que le otorgue

identidad y lo posicione a nivel mundial. En este punto, cobra importancia el desarrollo y creación de estándares o sellos de calidad (certificación del tipo ISO), así como la certificación de la calidad sanitaria de las aguas utilizadas en el cultivo y un código de prácticas. Estas medidas incrementarían la confianza en el mercado de estos productos, facilitando su comercialización.

- Los gobiernos latinoamericanos deben articularse para defender intereses comunes en foros internacionales de estandarización, y deben elaborar su legislación buscando la equivalencia con normas existentes tanto en mercados nacionales como en los internacionales.

## II. LISTA PRIORIZADA DE LOS PRINCIPALES TEMAS DE IyD QUE REQUIEREN LOS CULTIVOS Y EL MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS EN AMÉRICA LATINA Y EN CADA PAÍS

Dada la diversidad de áreas en que se hacen necesarias la investigación y el desarrollo para el cultivo y manejo de los moluscos bivalvos, se identificaron y consensuaron temas prioritarios, dentro de los cuáles se diagnosticaron los principales problemas y se propusieron soluciones que se resumen en el Cuadro 2. Las áreas temáticas identificadas fueron: (i) producción de semilla; (ii) cultivo en ambiente natural; (iii) patología y sanidad; (iv) mercado y comercialización; y (v) políticas de investigación. De las cuáles, las dos últimas temáticas se han insistido en enfocar en este capítulo porque, afectan el enfoque que la IyD está teniendo y potencialmente, podría tener, en los países en desarrollo.

CUADRO 2

**Principales problemas relacionados con la IyD para el cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina. Los temas y problemas se muestran en orden prioritario**

Tema	Problemas	Acción recomendada
Producción de semilla	Deficiencia de semilla desde hatchery (cultivo controlado)	Desarrollar estudios de biología en todos sus ámbitos y de tecnología de producción
	Deficiencia de semilla desde ambiente natural (captación natural)	Desarrollar estudios sobre biología larvaria y del conocimiento integral de los bancos naturales
Cultivo en ambiente natural	Decreciente productividad y sustentabilidad de los cultivos de engorda en mar	Desarrollar tecnologías y optimización de las existentes Desarrollar estudios de los diversos ámbitos biológicos asociados con el cultivo en ambiente natural Desarrollar estudios y monitoreos de floraciones algales nocivas
Patología y sanidad	Falta de conocimiento de mecanismos de interacción parásito-huésped para el control de enfermedades	Fomentar la IyD en patologías y sanidad acuícola
	Falta de conocimiento de enfermedades en especies nativas de América Latina	Colaborar y capacitar a través de una Red Latinoamericana de Sanidad de Moluscos bivalvos
	Falta de conocimiento del impacto de la bioacumulación de metales y toxinas sobre la salud humana	Estudiar efectos de la bioacumulación
Mercado y comercialización	Desconocimiento de la demanda externa e interna	Estudiar los mercados externos Estudiar los mercados internos Investigar y desarrollar innovación para el uso de subproductos
Políticas de investigación	Falta política de IyD de las ciencias del mar y la acuicultura adecuadas a las realidades regionales, lo que se traduce en:	Aumentar la investigación básica en los recursos biológicos de interés potencial Aumentar la inversión de IyD de largo plazo Generar instancias de integración de grupos del sector público y privado
	Escaso conocimiento básico necesario para desarrollar acuicultura	Fomentar el trabajo multidisciplinario para abordar los problemas
	Falta integración en equipos de investigación	Realizar proyectos cooperativos de investigación en áreas relacionadas
	Escaso interés de empresas y comunidades de pescadores en vincularse a proyectos IyD	Aumentar los incentivos para la participación de empresas y comunidades de pescadores en los proyectos IyD
	Hay limitados recursos nacionales para investigación, capacitación y integración	Generar una política nacional de IyD, que considere las ciencias del mar y acuicultura como una de sus prioridades Aumentar la asignación presupuestaria para IyD en cada país Identificar las fuentes internacionales para financiamiento de proyectos/movilidades e integración de redes

## PRODUCCIÓN DE SEMILLA

**Problema:** Deficiencia en la cantidad y calidad de la semilla producida en hatchery. Las principales causas por las que el cultivo controlado para producción de semillas es ineficiente son:

- Alta mortalidad de larvas, postlarvas y juveniles producidos en hatchery.
- Deficiencias en el crecimiento de postlarvas y juveniles en nursery.
- Falta de control de la maduración y desove de reproductores.
- Tecnología de hatchery inexistente en varias especies nativas de interés comercial.
- Falta de manuales de procedimientos.

### Acciones recomendadas:

- Estudios de biología, fisiología, bioquímica, nutrición y patología de larvas y postlarvas.
- Estudios de las condiciones ambientales asociadas a la producción de semilla.
- Estudios sobre ciclo reproductivo, fisiología, sanidad y nutrición de adultos (reproductores).
- Estudios de acondicionamiento a la reproducción e inducción al desove que permitan obtener gametos femeninos en alto número y con reservas energéticas suficientes para lograr la máxima supervivencia de las larvas antes de iniciar alimentación exógena.
- Estudios de selección genética, producción de triploides y uso de sistemas de recirculación en especies cuya tecnología de hatchery está desarrollada.
- Desarrollo de tecnologías de producción de semilla en hatchery para especies nativas de interés comercial.

**Problema:** Captación irregular o inexistente de semilla del medio natural. Las principales causas son la escasez o pérdida de bancos naturales.

### Acciones recomendadas:

- Estudios sobre el ciclo reproductivo, vida larvaria, asentamiento y su relación con el ambiente.
- Estudios de deriva larvaria y fijación remota.
- Determinar la relación entre la calidad de la semilla, la región de procedencia y su origen (colector o banco natural).
- Delimitar zonas de captación de semilla y duración del período de asentamiento;
- Optimizar la tecnología de captación de semilla (diseño de colectores).
- Evaluar y monitorear la dinámica poblacional de los bancos naturales y construir planes de manejo.

## CULTIVO EN AMBIENTE NATURAL

**Problema:** Decreciente productividad y sustentabilidad de sistemas de cultivo en ambiente natural. Las causas específicas de este deterioro progresivo en la etapa productiva de engorda de moluscos bivalvos son:

- Disminución en tasas de crecimiento de bivalvos debido a factores ambientales y sobrecarga de las zonas de cultivo.
- Altas mortalidades de bivalvos cultivados debido a predación, fouling o a afecciones patológicas.
- Aumento de floraciones algales nocivas.
- Falta de modernización y mecanización de la actividad.
- Falta de espacios adecuados para el engorde.
- Falta de organización de los productores.
- Falta de conocimiento validado sobre el impacto de los cultivos sobre el ambiente.

**Acciones recomendadas:**

- Optimización de tecnologías de cultivo adaptadas a las condiciones locales.
- Desarrollo de tecnologías de cultivo para especies nativas de interés comercial.
- Monitoreo de los parámetros ambientales en zonas de cultivo.
- Estudios de capacidad de carga de las áreas utilizadas para el cultivo.
- Estudios sobre el cambio climático global y su influencia en la producción.
- Estudios sobre variabilidad genética.
- Implementación de programas de selección genética para incrementar tasa de crecimiento y resistencia a enfermedades.
- Estudio e implementación del cultivo en zonas expuestas («offshore»).
- Estudios sobre control de predación, fouling y enfermedades.
- Implementación de programas de monitoreo de microalgas nocivas en zonas de cultivo.
- Determinación de los factores que se asocian a la ocurrencia de floraciones algales nocivas.
- Estudios del impacto del cultivo de bivalvos sobre el medio ambiente.

**PATOLOGÍA Y SANIDAD**

**Problema:** *No se cuenta con investigación sobre los mecanismos de defensa ni la interacción parásito-huésped.* Esta falta de investigación, no ha permitido desarrollar mecanismos de control de enfermedades de moluscos bivalvos.

**Acciones recomendadas:**

- Fomento de IyD en mecanismos de defensa.
- Fomento de IyD en interacción parásito-huésped.
- Fomento de IyD en patogénesis.
- Fomento de IyD en epidemiología.
- Fomento de IyD en técnicas de diagnóstico.
- Fomento de IyD en prevención y control.

**Problema:** *No se cuenta con información adecuada sobre parásitos y enfermedades que afectan a las especies nativas de moluscos bivalvos.* Ello pone en alto riesgo el desarrollo futuro de las especies nativas que actualmente se cultivan en América Latina y aquellas que tienen potencial de cultivo.

**Acción recomendada:**

- Crear una «Red Latinoamericana de Sanidad de Moluscos bivalvos» (RELSAM), que permita la colaboración regional en IyD sobre enfermedades de especies nativas, genere mapas sanitarios, capacite en técnicas de diagnóstico y ponga infraestructura a disposición.

**Problema:** *Desconocimiento o conocimiento insuficiente del impacto de la bioacumulación de metales pesados y otras toxinas en moluscos bivalvos.* Existe desconocimiento sobre el efecto que el consumo de los bivalvos puede llegar a causar sobre la salud humana y sobre las mismas poblaciones de bivalvos o sus predadores.

**Acción recomendada:**

- Estudios sobre efectos de la bioacumulación a diferentes escalas.

**MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN**

**Problema:** *Desconocimiento de las características de la demanda externa y de la demanda interna.* Este problema es causado particularmente por el desconocimiento de las características del mercado al que se destina o se podría destinar la producción

de bivalvos. A lo que se suma el desconocimiento de la potencial demanda doméstica o interna del propio país. También, hay un desconocimiento de las potencialidades de los subproductos generados a partir de los moluscos bivalvos, que en caso de conocerse permitiría el valor mayor de la producción y la reducción de efectos ambientales causados por la acumulación de descartes de la industria procesadora.

**Acciones recomendadas:**

- Estudios de mercado externo.
- Estudios de mercado interno.
- Investigación y desarrollo en innovación para el uso de subproductos.

**POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN**

**Problema:** *Faltan políticas nacionales de investigación y desarrollo de las ciencias del mar y la acuicultura, adecuadas a las realidades regionales.* Este problema surge del siguiente diagnóstico:

- Cada vez más la ciencia debe dar respuesta a problemas del sector productor, o debe realizar investigación orientada a resolver cuellos de botella en la producción.
- Los fondos para investigación se invierten en proyectos de corto plazo, con escasa continuidad e impacto.
- Se observa escaso conocimiento básico necesario para desarrollar acuicultura.
- Se incentiva la investigación aplicada con detrimento de la investigación básica.
- No se observan programas de IyD de largo plazo con objetivos locales y regionales de mediano y largo plazo.
- Se generan variedad de fondos de investigación poco coordinados que favorecen la duplicación de esfuerzos de investigación, la competencia entre investigadores y desincentivan la integración en redes de investigación colaborativa.
- No se atrae el interés de empresas y comunidades de pescadores para vincularse en proyectos de IyD.

**Acciones recomendadas:**

- Readecuación de la enseñanza de la ciencia.
- Aumento de la inversión en programas de IyD de largo plazo.
- Generar instancias de integración de grupos de interés, convocando al sector público y privado.
- Fomento del trabajo multidisciplinario para abordar los problemas.
- Integración de proyectos cooperativos de investigación en áreas relacionadas.
- Aumento de incentivos para la participación de empresas y comunidades de pescadores en los proyectos IyD.
- Generación de una política nacional de IyD, que considere las ciencias del mar y acuicultura como una de sus prioridades.

**Problema:** *Limitados recursos nacionales para investigación, capacitación e integración.* Este problema causa una limitada colaboración entre países y reduce la capacidad de transferencia de conocimientos para reducir las asimetrías observadas en el desarrollo de la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos.

**Acciones recomendadas:**

- Aumentar la asignación de presupuesto para IyD en cada país.
- Identificar fuentes internacionales para financiamiento de proyectos, movilidades e integración de redes.

### III. LISTA PRIORIZADA DE LAS PRINCIPALES POLÍTICAS GUBERNAMENTALES, CIENTÍFICAS E INDUSTRIALES QUE CONTRIBUYAN A UNA ESTANDARIZACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MOLUSCOS BIVALVOS EN TÉRMINOS DE SEGURIDAD ALIMENTARIA

Frente a la demanda de moluscos bivalvos producidos a través de actividades acuícolas, se hace cada vez más necesario establecer mecanismos y programas estatales que se enfoquen a la seguridad alimentaria, tanto en términos de inocuidad de los moluscos bivalvos para la salud humana, como en términos de asegurar la producción futura de alimento a partir de estos recursos marinos, asegurando tanto la sustentabilidad de la industria productora de bivalvos como la alimentación a la población que subsiste a partir de estos recursos.

Dependiendo del país, los problemas detallados a continuación, y resumidos en el Cuadro 3, se manifiestan debido a la ausencia de políticas o regulaciones, o bien, porque aun existiendo políticas o regulaciones, éstas no se han implementado, están escasamente desarrolladas o son ineficientes. Las áreas temáticas identificadas fueron: (i) política nacional para la acuicultura; (ii) problemas regionales de sanidad acuícola y seguridad alimentaria; (iii) legislación específica para moluscos bivalvos; y (iv) problema regional de ordenamiento territorial para el desarrollo y/o la sustentabilidad del cultivo y manejo de moluscos bivalvos.

**CUADRO 3**

**Principales problemas relacionados con la sanidad e inocuidad de los productos generados por el cultivo y manejo de moluscos bivalvos en América Latina. Los problemas y acciones son descritos en orden de prioridad**

Problema	Acción recomendada
Ausencia de una política nacional para la acuicultura, o si hay una política nacional es de reacción lenta frente al entorno.	<p>Sensibilizar a los diversos agentes sobre el rol de la acuicultura en la producción de organismos bioseguros y altamente recomendables para la salud humana.</p> <p>Sensibilizar sobre el rol de la acuicultura de bivalvos como un mecanismo eficaz para la producción de alimentos de subsistencia para comunidades ribereñas</p> <p>Asumir localmente, en las zonas productivas, las potencialidades y problemáticas de producción acuícola desarrollando una política local y un plan estratégico de desarrollo sustentable, económico, ambiental y social, de la actividad consensuada entre todos los agentes.</p>
Falta de organización de esfuerzos regionales en materia de sanidad acuícola y seguridad alimentaria	<p>Sensibilizar a gobiernos, instituciones y empresas, para dotar de recursos a la red de acuicultura de las Américas a fin de constituirla en un foro referente para temas de acuicultura a nivel regional, en particular en moluscos bivalvos.</p> <p>Crear una Red Latinoamericana de Sanidad de Moluscos bivalvos (RELSAM) para el control sanitario regional y la implementación de diversas herramientas.</p> <p>Proponer a todos los países de la región, acordar una política de sanidad basada en los mismos estándares.</p>
	<p>Crear una Red Latinoamericana de Capacitación en Cultivos de Moluscos Bivalvos para Subsistencia, que asegure la capacitación de comunidades rurales para la producción de este tipo de alimentos.</p>
Ausencia de una legislación específica para el control sanitario y la seguridad alimentaria de los moluscos bivalvos.	<p>Proponer a todos los países de la región el adoptar una política de estado que asegure normas de calidad en bioseguridad para moluscos bivalvos, sin diferencias de estándares entre productos comercializados a nivel nacional y los que van a mercados internacionales.</p>
Ausencia o deficiencia de ordenamiento territorial para el desarrollo y/o la sustentabilidad del cultivo y manejo de moluscos bivalvos.	<p>Definir un marco legal sobre controles sanitarios y para la inocuidad alimentaria específicos para moluscos bivalvos.</p> <p>Definir códigos de conductas responsables y buenas prácticas de manejo (BPM) y de bioseguridad, y realizar la capacitación.</p>
	<p>Considerar la sanidad acuícola, la inocuidad alimentaria y la ocurrencia de mareas rojas como problemas de freno del cultivo de bivalvos, y establecer medidas de mitigación de su impacto.</p>
	<p>Clasificar las zonas de cultivo en base a todos los componentes microbiológicos, tóxicos, y presencia de agentes patógenos en el agua, creando programas de monitoreo y seguimiento de estos componentes.</p>
	<p>Implementar normas de calidad secundaria en cuerpos de agua, e incluir virus en normativa, para la protección de las zonas acuícolas.</p>

## **POLÍTICA NACIONAL PARA LA ACUICULTURA**

Gran parte de los países latinoamericanos no tienen una Política Nacional para la Acuicultura basada en un plan estratégico para el desarrollo de este sector que sea consensuada entre todos los agentes de la actividad y enfocada a la realidad nacional y regional. Por otra parte, los países que cuentan con una política nacional de acuicultura, concuerdan que ésta es de reacción lenta frente al entorno.

### **Acciones recomendadas:**

- Para aquellos países que aún carecen de una política nacional para la acuicultura, la solución es realizar un programa de sensibilización a nivel local sobre el rol de la acuicultura en la producción de organismos libres de enfermedades e inocuos para el consumo humano, así como propiciar la difusión de la alta calidad nutricional de los productos acuícolas bioseguros, y poner énfasis en la herramienta social que puede constituir el cultivo de bivalvos como producción de alimentos para subsistencia.
- Para aquellos países que ya tienen una política nacional para la acuicultura, los sectores público, privado y científico de aquellas localidades en que se realiza el manejo y cultivo de moluscos bivalvos, deberán asumir la responsabilidad, sin esperar a que las acciones procedan de los organismos centrales del país. Esto requiere sensibilizar a los agentes locales para evaluar las potencialidades y problemáticas locales en materia de producción acuícola y desarrollar una política local, sobre la base de un plan estratégico de desarrollo sustentable de la producción de moluscos bivalvos. Este plan estratégico se enfocará a las necesidades reales de las localidades productoras: economía de subsistencia, crecimiento económico, sustentabilidad ambiental, equidad de acceso, entre otras.

## **PROBLEMAS REGIONALES DE SANIDAD ACUÍCOLA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Falta organizar esfuerzos regionales para enfrentar problemas de interés común en materia de sanidad acuícola y seguridad alimentaria. Estos deben posibilitar una acuicultura sustentable de moluscos bivalvos. Debido a lo mismo, no existen estándares de calidad regionales en la producción de moluscos bivalvos de cultivo, en términos de sanidad acuícola e inocuidad alimentaria.

Por otro lado, no se ha realizado un énfasis suficiente demostrando que los cultivos de moluscos bivalvos son apropiados para la producción de alimento de bajo costo y alto valor nutricional, asegurando disponibilidad de alimento a comunidades ribereñas para su subsistencia.

### **Acciones recomendadas:**

- Propiciar la sensibilización de los gobiernos, instituciones y empresas, para dotar de recursos a la red de acuicultura de las Américas a fin de constituirla en un foro referente para temas de acuicultura a nivel regional en general y de moluscos bivalvos, en particular.
- Crear la red latinoamericana de sanidad de moluscos (RELSAM) para lograr el control sanitario de la actividad mediante la capacitación, creación de laboratorios de diagnóstico sanitario, crear los mapas sanitarios y proteger la actividad. Establecimiento de laboratorios bioseguros y unidades de cuarentena.
- Todos los países latinoamericanos deberán acordar una política de sanidad e inocuidad alimentaria basada en los mismos estándares.
- Todos los países de la región deberán adoptar una misma política de estado que asegure que las normas de calidad en términos de bioseguridad exigidas a los moluscos bivalvos son simétricas, sin diferencias de estándares entre productos comercializados a nivel nacional y los que van a mercados internacionales.

- Crear una Red Latinoamericana de Capacitación en Cultivos de Moluscos Bivalvos para Subsistencia, que asegure la capacitación en comunidades rurales para la producción de este tipo de alimentos.

### **LEGISLACIÓN ESPECÍFICA PARA MOLUSCOS BIVALVOS**

Siendo los bivalvos organismos filtradores se detecta la ausencia de una legislación específica para el control sanitario e inocuidad alimentaria de los moluscos bivalvos. Ello se traduce en ausencia y/o deficiencia de buenas prácticas en la producción, cosecha, procesamiento y transporte de moluscos bivalvos.

#### **Acciones recomendadas:**

- Definir un marco legal sobre controles sanitarios y para la inocuidad alimentaria específicos para moluscos bivalvos por parte de los gobiernos, cuyos mecanismos de control sean financiados en forma compartida entre los sectores público y privado, este último con aportes proporcionales a los volúmenes de producción.
- Definir códigos de conductas responsables y buenas prácticas de manejo (BPM) y de bioseguridad, así como la capacitación de los productores para su implementación.

### **PROBLEMA REGIONAL DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL DESARROLLO Y/O LA SUSTENTABILIDAD DEL CULTIVO Y MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS**

En la mayoría de los países de América Latina falta un ordenamiento territorial identificando zonas acuícolas, incluyendo clasificación microbiológica de las aguas, clasificación en función de la presencia y/o ausencia de enfermedades listadas por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) o las legislaciones de cada país, y monitoreo de floraciones algales nocivas. A ello se suma, la ausencia de normativa ambiental o bien, la normativa ambiental no apropiada, para proteger la acuicultura de los residuos líquidos y sólidos que se vierten al mar.

#### **Acciones recomendadas:**

- Orientar el desarrollo de la acuicultura considerando la sanidad acuícola, la inocuidad alimentaria y la ocurrencia de floraciones algales nocivas como problema de freno, y junto a ello establecer medidas de mitigación de su impacto. Es necesario clasificar las zonas en base a todos los componentes microbiológicos, tóxicos, y presencia de agentes patógenos en el agua. Se deben crear programas de monitoreo y seguimiento de estos componentes.
- Implementar normas de calidad secundaria en cuerpos de agua, e incluir a los virus en la normativa.

#### **IV. LISTA PRIORIZADA DE RESPONSABILIDADES SOCIALES Y POLÍTICAS QUE PERMITAN UN DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA PRODUCCIÓN DE MOLUSCOS BIVALVOS**

Considerando la evidente demanda de productos acuícolas, el estado de explotación de los recursos naturales, y una adecuada seguridad alimentaria; se hacen cada vez más necesarias políticas estatales que establezcan mecanismos y programas para el desarrollo de la acuicultura y el manejo de recursos en América Latina. En esta sección se describen responsabilidades políticas y algunas sociales que podrían permitir el desarrollo sustentable de la producción de moluscos bivalvos. Las responsabilidades identificadas en el presente informe, y resumidas en el Cuadro 4, buscan promover el desarrollo de la producción de moluscos bivalvos de manera sustentable. Se estima que se puede dar en un marco legal claro y accesible a todos los usuarios, considerando políticas de ordenamiento territorial y políticas que mejoren las oportunidades de acceso a través de la educación y la disponibilidad de recursos económicos y que se vean apoyadas por la generación e intercambio de conocimiento científico. Lo anterior considera la realidad y diversidad que existe en el ámbito de la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos en América Latina.

En este contexto, dentro de las prioridades referentes a las políticas, se propuso separar en dos las responsabilidades. Por una parte está la responsabilidad política, que incluye (i) la política global (Latinoamericana) para el desarrollo de la acuicultura; (ii) las políticas de educación; (iii) la política de equidad; y (iv) la política de integración de la acuicultura y manejo de recursos. Mientras que por otra parte está la responsabilidad social.

**CUADRO 4**

**Resumen lista prioritizada de responsabilidades sociales y políticas que permitirían un desarrollo sustentable de la producción de moluscos bivalvos**

RESPONSABILIDADES POLÍTICAS	Acción recomendada
Política global para América Latina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar el marco legal apropiado, transparente accesible, fiscalizable</li> <li>- Fomentar el Ordenamiento territorial</li> <li>- Difundir integralmente la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos y sus beneficios, económicos, sociales, nutritivos</li> <li>- Fomentar el financiamiento</li> </ul>
Políticas de educación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar Programas de educación vinculante</li> <li>- Procurar la Educación basada en la generación de competencias</li> <li>- Implementar unidades demostrativas de cultivo y manejo de moluscos bivalvos</li> <li>- Difundir la literatura de cultivos (manuales) y promover la elaboración en los casos en que no exista</li> <li>- Fortalecer la formación de maestría y doctores en acuicultura y manejo de recursos a nivel Latinoamericano</li> </ul>
Políticas de equidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejorar el acceso a la información</li> <li>- Mejorar el acceso al financiamiento en general (emprendedores, comunidades rurales, etc.)</li> <li>- Integrar a grupos sociales, hasta ahora relacionados pero marginados, a la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos</li> </ul>
Política de integración de la acuicultura y el manejo de recursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover el estudio de relaciones de la acuicultura de moluscos bivalvos y el manejo de bancos naturales de estos recursos</li> <li>- Estudiar los denominados semilleros</li> <li>- Promover políticas realizables de creación de reservas de estos recursos</li> <li>- Financiar la operación, fiscalización de la actividad de las reservas</li> </ul>
Políticas de investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover la cooperación tecnológica y docente entre los países de América Latina</li> <li>- Crear talleres de apoyo a países en desarrollo de la actividad de cultivo y manejo de moluscos bivalvos</li> <li>- Formar una red itinerante de expertos</li> </ul>
RESPONSABILIDADES SOCIALES	Acción recomendada
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover el desarrollo desde las comunidades hacia el desarrollo industrial y revisar y corregir el enfoque del desarrollo asociado sólo a la actividad industrial</li> <li>- Promover la participación ciudadana</li> <li>- Asegurar la responsabilidad social y ambiental del sector rural y del sector privado, a través de programas de investigación, capacitación y difusión</li> <li>- Promover la participación de la mujer en las actividades acuícolas</li> <li>- Normar el cultivo y manejo de recursos en base a la investigación rigurosa de sustentabilidad en todos sus ámbitos</li> </ul>

## RESPONSABILIDAD POLÍTICA

### Política global (Latinoamericana) para el desarrollo de la acuicultura

#### **Acciones recomendadas:**

- Promover el desarrollo de la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos de una manera integral, esto es mejorando, o en los casos que no exista, promoviendo esta actividad:
  - En un contexto de ordenamiento territorial.
  - Con un marco legal claro, eficiente, realizable en corto plazo, transparente y consistente con los niveles de tecnología disponible, los cuales deben estar disponibles también para el aparato estatal.
  - Con amplia difusión de los procesos administrativos para la puesta en marcha y ejecución de las actividades acuícolas.
  - Que cuente con recursos para su desarrollo, desde el punto de vista del aparato estatal adecuado, la difusión, la puesta en marcha de estrategias, el financiamiento a emprendedores y subsidios, entre otros.
- Diseñar e implementar estrategias que promuevan la implementación del cultivo y manejo de moluscos bivalvos:
  - considerando su calidad nutritiva como alimento.
  - implementando programas de difusión a la comunidad y autoridades gubernamentales (trípticos).
  - integrado a una estrategia dotada de fondos para capacitación, intercambio y proyectos.
- Se debe promover el consumo de moluscos bivalvos con certificación de origen, mejorando los estándares de sanidad alimentaria y la imagen de este sector, lo que debería ir acompañado de un plan de marketing.
- Finalmente, se sugiere promover planes de negocios, lo que realizado con los componentes descritos anteriormente asegurará el desarrollo de estas actividades en un contexto de sustentabilidad ambiental.

#### Políticas de educación

Se han identificado tres grupos de países con estrategias diferenciadas para el desarrollo de la acuicultura de moluscos bivalvos: países que ya tienen un desarrollo y producción relevante como Chile, países con un desarrollo en marcha como Brasil, y países que carecen de la tecnología de cultivo de sus especies, como los del Caribe y Centroamérica. Las políticas de educación deben ser diferenciadas acordes al tipo de desarrollo, sin embargo existen algunos problemas comunes:

- La acuicultura de moluscos bivalvos es una actividad que se puede realizar a diferentes escalas, siendo la más frecuente hasta ahora la de pequeña escala, la que podría verse afectada por el aumento de los cultivos industriales en los países con mayor desarrollo.
- En las comunidades que se dedican a la acuicultura de pequeña escala falta educación en las competencias requeridas para la producción acuícola, tales como comercialización, administración, producción de semillas, procesamiento de la cosecha, etc.

#### **Acciones recomendadas:**

- Se deben generar programas de educación vinculante, es decir: colegios costeros con especialidades en acuicultura y manejo de recursos, lo que debiera promoverse a nivel de ministerios de educación, ciencia e innovación de los países involucrados. Esta educación debe dirigirse a fortalecer la sustentabilidad de la producción de moluscos bivalvos tanto a nivel social, como ambiental y económico.

- Se deben formar con urgencia profesionales y técnicos con competencias para implementar el desarrollo sustentable de la acuicultura, en particular la de moluscos bivalvos. Un buen ejemplo es lo que se hace en Chile tanto en términos de educación superior, con las carreras universitarias de Ingeniería en Acuicultura (en su mayoría acreditadas), como en educación técnica, con el Programa Chile-Califica de Acuicultura que certifica competencias y capacita a las personas que no han estudiado y que trabajan en el ámbito acuícola. La capacitación genera un mayor valor social y económico a la actividad de producción de moluscos bivalvos, ya sea que se realice con fines de subsistencia o con fines comerciales.
- Se propone la implementación regional de unidades demostrativas de proyectos con una unidad mínima rentable para el cultivo de moluscos bivalvos que sea administrable por una comunidad o cooperativa. Ello, promoverá el desarrollo de la acuicultura de moluscos bivalvos a pequeña escala, ya sea para subsistencia o para el desarrollo económico, lo que debería ser complementado con financiamiento para el inicio de actividades.
- En todos los países de América Latina, en particular en los que muestran mayor biodiversidad, se hace necesario realizar los estudios de factibilidad tecnico-económica de cultivo de sus especies.
- En aquellos países con escasa o nula tecnología, se propone como estrategia de desarrollo, difusión y capacitación, la construcción y operación de uno o más hatchery regional que distribuya semillas, a los países interesados en producción a pequeña escala, y permita entrenar y capacitar técnicos y tecnólogos para toda América Latina.
- Se deben hacer esfuerzos para la edición de manuales de cultivo de moluscos bivalvos, sistematizando la información, para mejorarla e intercambiarla, implementando un banco de datos de manuales a cargo de una red de expertos.
- Se debe mejorar la formación de recursos humanos dirigidos a la aplicación de la acuicultura y transferencia tecnológica. En este caso, se ve la necesidad de implementar estudios a niveles elevados como MSc y PhD, relativos al cultivo y manejo de moluscos. Estos deben ser dirigidos a formar profesionales latinoamericanos, con un alto compromiso con la sustentabilidad ambiental, económica y social, en virtud de acompañar futuros planes de desarrollo en sus países.
- Se propone también la creación de redes de intercambio y de misiones tecnológicas, dirigidas a fortalecer los alcances de las actividades de formación a todos los niveles antes señalados.

### **Política de equidad**

Las políticas de equidad se relacionan con la igualdad de oportunidades que los emprendedores, potenciales emprendedores y usuarios del borde costero debieran tener, considerando que las políticas educacionales ya fueron priorizadas en el punto anterior. Las políticas de equidad fueron identificadas en relación a:

- El acceso a la información y por lo tanto al marco legal.
- Acceso a financiamiento, particularmente en comunidades rurales.

Lo anterior se enfoca en un acceso a la educación y/o capacitación de las comunidades rurales y costeras (ribereñas) de manera de asegurar efectivamente la igualdad de oportunidades, particularmente en lo que se refiere a la producción acuícola de pequeña escala, tanto para fines de subsistencia como de desarrollo económico.

Actualmente, existe:

- falta de financiamiento suficiente, y/o desconocimiento de las fuentes de financiamiento, para cultivos de pequeña escala.

- desconocimiento del marco legal de los cultivos de pequeña escala.
- desigual acceso a la información entre los interesados en desarrollar acuicultura de moluscos bivalvos. Por ello, es urgente mejorar este ámbito del desarrollo.
- existen grupos que estando relacionados con el uso y explotación de recursos marinos, no son considerados en el desarrollo de los emprendimientos en acuicultura, lo que los deja en una situación de vulnerabilidad y eventualmente los aparta aún más de su cultura tradicional.

#### **Acciones recomendadas:**

- Crear un marco legal que promueva la igualdad de acceso y el financiamiento y/o crear fondos de acceso al financiamiento específicos para las comunidades rurales (créditos blandos, fondos de fomento o subsidios).
- Se propone que el Estado es responsable de asegurar la equidad en el acceso a todos los sectores que desean hacer manejo y cultivo de moluscos bivalvos.
- El Estado debe asegurar que todos los sectores que acceden al manejo y cultivo de moluscos bivalvos lo hacen cuidando los recursos, incluidos acervos genéticos y el entorno ambiental de éstos, y respetando el ámbito social en que estas actividades productivas se realizan.

#### **Política de integración de la acuicultura y manejo de recursos**

Si bien se reconoce que el taller no tuvo un fuerte énfasis en el manejo de moluscos bivalvos, las presentaciones en este ámbito mostraron evidencias que el suministro de semillas a gran escala no puede ser satisfecho desde «hatchery» y debe por lo tanto ser aportado por las poblaciones naturales. De lo anterior se desprende que la acuicultura no se puede desligar del buen manejo de los recursos.

#### **Acciones recomendadas:**

- Se propone revisar y fortalecer la relación entre bancos naturales y acuicultura, ya que los primeros aportan las semillas. Además, se debe estudiar los semilleros naturales que permiten no sólo el mantenimiento de bancos con alta producción, sino también, generan semillas con alta calidad genética para el cultivo. Actualmente, puede haber normativa para proteger los semilleros naturales, pero, no hay consecuencias legales o reglamentarias que aseguren que la protección se lleve a cabo. En este sentido, las reservas marinas son un tema de enfoque precautorio frente al agotamiento de los bancos naturales de moluscos bivalvos.
- La acuicultura es complementaria con el manejo de recursos. El uso de áreas exclusivas por parte de pescadores artesanales a través de áreas de manejo o de repoblamiento es un problema o desafío transversal que debe abordarse. El manejo de recursos constituye una alternativa, diferente a la acuicultura, para salvaguardar la producción de recursos marinos de la sobreexplotación, pero requiere una fuerte normativa, gran conocimiento de los ecosistemas, y una alta capacitación de los pescadores.

#### **Políticas de investigación e intercambio de experiencias**

La asimetría en cuanto a desarrollo y potencialidades biológicas y financieras entre los países hace evidente y necesaria la cooperación en tecnología, docencia y formación en postgrado.

#### **Acciones recomendadas:**

- En vista de ello, se hace necesario sensibilizar a los países para lograr programas conjuntos a través de proyectos de cooperación bilateral o multilateral. Es imprescindible para ello: (i) poner a disposición o crear centros de promoción para el desarrollo de la acuicultura, y (ii) desarrollar tres tipos de talleres para atender

a los tres tipos de regiones o países, diferenciados según su nivel de desarrollo en cultivo y manejo de moluscos bivalvos.

- Debe ser una política prioritaria la formación de redes de expertos, que sean itinerantes y tengan por objetivos:
  - capacitar y educar a monitores y transferir conocimiento a las comunidades relacionadas con la producción de moluscos bivalvos.
  - potenciar estudios de línea base en tecnología y factibilidad de producción de moluscos bivalvos, para todos los países que teniendo especies susceptibles de cultivo o manejo, no disponen de conocimientos y/o tecnología para ello.
- Recomendar a los países latinoamericanos que realicen convocatorias de proyectos, redes u otras actividades, orientadas, específicamente, en las líneas de acción de este documento.

### **RESPONSABILIDAD SOCIAL**

Las responsabilidades sociales identificadas están muy relacionadas con las responsabilidades políticas, lo que además se cruza con la cultura de los países, entre otros elementos. En general se reconoce que:

- priorizar el desarrollo de la industria por sobre el desarrollo de las comunidades afecta las oportunidades reales para sustentabilidad de la acuicultura.
- siendo la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos actividades económicas que buscan ser rentables, éstas no deben perder su contexto social y ambiental, lo que es responsabilidad principalmente del Estado, pero también de los investigadores, productores y consumidores. Sin duda, la política de libre mercado, regulada únicamente por la oferta y la demanda, ha sido determinante en la sobreexplotación de los recursos, y no habido responsabilidad social asociada a la falta de sustentabilidad de este tipo de producción.
- existe desigualdad de oportunidades entre los sectores rural y privado para el acceso a la actividad de la acuicultura. Por otro lado, se reconoce que la mujer tiene menor oportunidad para integrarse en la actividad productiva del cultivo y manejo de moluscos bivalvos.

### **Acciones recomendadas:**

- Los gobiernos tienen el deber social de asegurar la sustentabilidad de la producción de recursos naturales renovables, como es el caso tanto del cultivo como del manejo de moluscos bivalvos. Para ello, debe financiar la investigación destinada a definir las condiciones de sustentabilidad, debe generar la normativa conforme a esta investigación y debe difundir este conocimiento a las comunidades extractivas. Ello, permitirá entre otras acciones, reconvertir a los pescadores artesanales a la acuicultura.
- Se sugiere promover la participación de la mujer en todo el proceso productivo, capacitándola y asegurándole un porcentaje de contratación, motivado por un incentivo a las comunidades que lo cumplan.

## V. CONCLUSIONES – PROPUESTA DE ESTRATEGIAS DE ACCIÓN A NIVEL NACIONAL Y REGIONAL (AMÉRICA LATINA)

La primera conclusión de este taller es que América Latina presenta una gran diversidad en el desarrollo de la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos. Los países latinoamericanos muestran diferentes realidades sociales, políticas y tecnológicas en el marco productivo de moluscos bivalvos, tanto en cultivo de especies autóctonas y exóticas, como en manejo de bancos naturales.

La segunda conclusión relevante es que diferentes escalas productivas presentan distintos desafíos para lograr la sustentabilidad, diferenciándose claramente al menos dos escenarios: la sustentabilidad de la acuicultura industrial y la sustentabilidad de la acuicultura de pequeña escala.

La tercera conclusión es que la sustentabilidad de la acuicultura de bivalvos autóctonos latinoamericanos depende a su vez de la sustentabilidad de los bancos naturales, existiendo fuertes asimetrías en la relevancia que ambos temas tienen a nivel de políticas gubernamentales y de fondos de IyD.

La estrategia de acción a nivel nacional y a nivel regional (América Latina) para lograr un desarrollo sustentable de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos, va a depender, principalmente, del nivel de desarrollo de cada país. A su vez, en cada país, la estrategia dependerá de una serie de factores, entre ellos:

- las políticas gubernamentales,
- el desarrollo de conocimiento científico-tecnológico que se disponga,
- el apoyo empresarial, ya sea asociado o no al rubro de la acuicultura, que vea la actividad como una oportunidad de negocio,
- el impacto social que tenga la actividad ya sea para las comunidades costeras, el sector pesquero artesanal o para la mediana y gran empresa,
- el impacto ambiental que tenga la actividad, asegurando una producción limpia, y,
- la demanda de productos por parte de los mercados locales e internacionales.

Los resultados del Taller ACUIBIVA 2007, tomando en cuenta la particularidad de cada país y los factores mencionados anteriormente, muestran que existen algunas acciones estratégicas, resumidas en el Cuadro 5, que pueden contribuir al desarrollo y la sustentabilidad de la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos en América Latina. Estas acciones pueden clasificarse en cuatro grupos principales:

1. Difundir y educar para fomentar la sustentabilidad de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos.
2. Fomentar la IyD para desarrollar y consolidar la sustentabilidad de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos.
3. Generar redes de transferencia y colaboración para la consolidación y sustentabilidad de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos.
4. Desarrollar la vinculación entre acuicultura y manejo de moluscos bivalvos.

### 1. DIFUNDIR Y EDUCAR PARA FOMENTAR LA SUSTENTABILIDAD DE LA ACUICULTURA Y DEL MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS

- *Difundir información y conocimiento sobre la relevancia ecológica, nutricional y económica de los moluscos bivalvos a la comunidad y a las autoridades gubernamentales, tanto locales como centrales, mediante información básica documentada en dípticos o trípticos, y a través de programas de radio y televisión. Esta difusión debe integrar una estrategia que fomente el consumo de moluscos bivalvos, la confianza en estos productos, la necesidad de protegerlos y el emprendimiento para producirlos. La estrategia debe fomentar el emprendimiento tanto en los pequeños como en los medianos y grandes productores, así como también debe concienciar a los productores en la necesidad de invertir en tecnología de cultivos y en protección de bancos naturales de moluscos bivalvos, para asegurar la producción sustentable.*

## CUADRO 5

**Principales estrategias para el desarrollo sustentable del cultivo y de los planes de manejo de moluscos bivalvos en América Latina**

Estrategia	Acción recomendada	Resultado	Plazo de acción
Difundir y educar para fomentar la sustentabilidad de la acuicultura y del manejo de moluscos bivalvos	Difundir una estrategia que fomente el consumo de moluscos bivalvos, la confianza en estos productos, la necesidad de protegerlos y el emprendimiento para producirlos.	Aumento significativo del porcentaje de productores y de consumidores de moluscos bivalvos.	Corto
	Sensibilizar a la población desde edades tempranas, promoviendo la educación vinculante.	Aumento en el porcentaje de niños y jóvenes que adquieren competencias para la producción tanto en acuicultura como en manejo de bivalvos.	Corto
	Educar sobre el rol preponderante que tiene la acuicultura de pequeña escala (APE) para proteger la biodiversidad a través de los cultivos y el manejo.	Aumento del respeto hacia las vedas y normativas que protegen la biodiversidad y el manejo de los recursos.	Corto
	Generar unidades demostrativas para la acuicultura y manejo de bivalvos administrables por familias o comunidades que permitan la producción de alimento para subsistencia.	Aumento de los cultivos de bivalvos de pequeña escala para subsistencia.	Corto
Fomentar la lyD para desarrollar y consolidar la sustentabilidad de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos	Identificar y obtener fondos de fuentes nacionales e internacionales para proyectos de Investigación y Desarrollo (lyD).	Aumento de los proyectos lyD regionales destinados a la acuicultura y manejo sustentables de moluscos bivalvos.	Mediano
	Recomendar a los países miembros de FAO solicitar que en sus convocatorias se oriente específicamente a las líneas de investigación de este documento.	Convocatorias de lyD enfocadas por la autoridad hacia los lineamientos propuestos en este Taller FAO.	Corto
Generar redes de transferencia y colaboración para la consolidación y sustentabilidad de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos	Desarrollar proyectos demostrativos donde se evidencien resultados y el impacto socioeconómico de cultivos pilotos de especies locales.	Proyectos demostrativos con impacto socioeconómico en cultivos pilotos de especies locales.	Mediano
	Promover la generación de redes internacionales regionales de pre y post-grado que utilicen las potencialidad de un intercambio de información en red, a nivel nacional e internacional.	Red de intercambio de información a nivel nacional e internacional conformada.	Mediano
	Buscar fondos para organizar e implementar redes específicas para el desarrollo de cultivo y manejo de bivalvos.	Fondos obtenidos para implementar redes para el desarrollo del cultivo y manejo de moluscos bivalvos.	Mediano
Desarrollar la vinculación entre acuicultura y manejo de bivalvos	Revisar la relación entre la explotación de los bancos naturales y la explotación en acuicultura.	Estudios y comparaciones de base de datos que permitan llegar a modelar la relación existente entre la explotación de los bancos naturales y la calidad y cantidad de semillas disponibles para el cultivo.	Corto
	Identificar y proteger efectivamente los semilleros de moluscos bivalvos con alta producción y calidad genética.	Estudio genético de los bancos naturales con identificación a nivel molecular para su trazabilidad futura.	Mediano
	Promover la discusión y acuerdos sobre los temas transversales de manejo de recursos y repoblamiento.	Talleres participativos realizados con todos los implicados y los diferentes niveles de toma de decisiones.	Corto
		Talleres de toma de decisiones que incluyan a todos los actores que deben decidir sobre la vinculación entre acuicultura y manejo de recursos.	Mediano
Aumentar la fiscalización, proteger los bancos naturales y reducir el impacto de los emisarios industriales, sanitarios y agrarios, que descargan sus efluentes al mar.		Aumento efectivo del valor de las sanciones y aumento significativo de la fiscalización en bancos y reservas naturales.	Corto
		Monitoreo y control efectivo de los emisarios que afectan la calidad de agua.	Corto

- *Sensibilizar a la población desde edades tempranas, promoviendo la educación vinculante.* Llegar a los niños, con programas educativos en diferentes fuentes de comunicación (radio, televisión, libros, cuentos, etc.) donde se les transmita

enseñanzas en la protección de los recursos naturales y del medio ambiente. Educar a la comunidad en respetar y no transgredir las normativas, fomentando la auto responsabilidad. La transformación de la actitud y el pensamiento desde pescadores extractores a acuicultores cultivadores y/o manejadores de sus recursos naturales, a través de una educación vinculante, desarrollable en colegios costeros que tengan profesores capacitados y competentes en acuicultura y manejo de recursos.

- *Educar sobre el rol preponderante que tiene la acuicultura de pequeña escala (APE) para proteger la biodiversidad* a través de los cultivos y el manejo, transfiriendo conocimiento y tecnologías a nivel de familias o comunidades ribereñas para que ellos puedan llegar con productos exclusivos a mercados especiales, puedan disponer de una alta empleabilidad a niveles locales, y/o puedan subsistir produciendo su propio alimento.
- *Contribuir a la formación de unidades demostrativas* interinstitucionales e intergubernamentales, apoyando con financiamiento para cooperación internacional y transferencia tecnológica. Ello puede permitir la formación de Centros de Promoción para el Desarrollo Sustentable de la Acuicultura y Manejo de Moluscos Bivalvos, que estén a cargo de expertos en transferencia, que realicen talleres destinados a la resolución de los problemas locales, específicos de cada nivel de desarrollo, en los que puedan invitar a expertos internacionales.

## 2. FOMENTAR LA IyD PARA DESARROLLAR Y CONSOLIDAR LA SUSTENTABILIDAD DE LA ACUICULTURA Y EL MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS

- *Identificar y obtener fondos* de fuentes nacionales e internacionales para proyectos de Investigación y Desarrollo (IyD), priorizando el estudio completo de la biología y factibilidad de cultivo de especies no tradicionales y nativas para la Diversificación de la Acuicultura de Bivalvos, así como para el Manejo de los Bancos Naturales.
- *Recomendar a los países miembros de FAO* solicitar que sus convocatorias se orienten específicamente a las líneas de investigación señaladas en este documento (Tabla 2).

## 3. GENERAR REDES DE TRANSFERENCIA Y COLABORACIÓN PARA LA CONSOLIDACIÓN Y SUSTENTABILIDAD DE LA ACUICULTURA Y EL MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS

- *Desarrollar proyectos demostrativos* donde se evidencien resultados positivos y se muestre el impacto socioeconómico de cultivos pilotos y del manejo de bancos naturales de especies locales, así como proyectos de capacitación para hombres y mujeres que lideren estas actividades bajo la supervisión de expertos nacionales y extranjeros. Estas unidades demostrativas se deben implementar, tanto a nivel local como regional, en tres grupos de países con estrategias diferenciadas del nivel productivo y considerando la existencia de diversos grados de educación. Los protocolos y las unidades demostrativas debieran enfocarse tanto a técnicas de cultivo, como al negocio del cultivo, evitando crear asimetrías de oportunidades entre las asociaciones de pequeñas empresas (APE) y los sectores productivos de mediana y gran escala. Los documentos técnicos de apoyo a las unidades productivas de pequeña escala deben incluir tanto la evaluación económica como la tecnología de la unidad mínima rentable que pueda desarrollar una pequeña comunidad o un pequeño acuicultor.
- *Promover la generación de redes internacionales de pre- y post-grado* que utilicen la potencialidad de un intercambio de información en red, a nivel nacional e internacional. La asimetría entre los países hace evidente la necesidad de

cooperación en tecnología, docencia y formación en post-grado. Se requiere aumentar los esfuerzos en la formación de Doctores en Acuicultura especializados en la obtención de recursos económicos por proyectos, con una sólida formación en líneas de investigación con impacto no sólo científico sino también económico y social, y con un fuerte compromiso con la sustentabilidad de la producción de recursos naturales.

- *Creación de redes de expertos, de carácter itinerante entre países*, que genere colaboraciones de nivel científico-tecnológico, capacitaciones y educación a monitores, y transferencia a las comunidades. Lo anterior con el objetivo de fomentar también estudios de línea base para todos los países que tienen potencialidad para desarrollar sus recursos bivalvos y que no disponen de capacidades tecnológicas para hacerlo en el corto plazo.
- *Buscar fondos para organizar e implementar redes específicas* para el desarrollo de cultivo y manejo de bivalvos tales como: una red de sanidad acuícola, una red de transferencia científico-tecnológica en temas de acuicultura y manejo de recursos. Bajo la tutoría de FAO, realizar interacciones que financien principalmente los gobiernos para la formación de unidades demostrativas tripartitas para el desarrollo de la APE.

#### **4. DESARROLLAR LA VINCULACIÓN ENTRE ACUICULTURA Y MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS**

- *Revisar la relación entre la explotación de los bancos naturales y la explotación en acuicultura*, ya que mientras no exista la tecnología apropiada para la producción controlada de juveniles, los bancos naturales aportarán las semillas. En algunos casos, como la acuicultura de mitílidos y pectinídos, la industria del cultivo se ha desarrollado en base a la captación de larvas y extracción de semillas provenientes de bancos naturales. Este aspecto, requiere también revisar las prioridades de desarrollo económico local y a nivel país, para promover el manejo de recursos y acuicultura. Estratégicamente, el manejo de bancos naturales y el desarrollo de la APE debiera promoverse en comunidades litorales, ya que podría darles mejor proyección. Esto debe hacerse en asociación con la entrega de educación para consolidar una producción sustentable ya sea por acuicultura o manejo de moluscos bivalvos. Promover el co-manejo de las pesquerías con participación de las comunidades involucradas para así definir las cuotas. Esta estrategia podría consolidar una forma eficiente de protección de los bancos naturales, logrando planes de manejo participativos.
- *Identificar y proteger efectivamente los semilleros de moluscos bivalvos* con alta producción y calidad genética. Ello requiere desarrollar normativas de protección de estos bancos, con fiscalización apropiada y con consecuencias legales ejemplarizantes para los transgresores. El establecimiento de reservas marinas es una acción con enfoque precautorio frente al agotamiento de los bancos. Además, la acuicultura puede beneficiarse grandemente de esta protección a través de dos vías:
  - la obtención de semillas provenientes de bancos con alta diversidad genética, y
  - la obtención de reproductores con mayor heterocigocidad para desarrollar programas de producción de semilla en cultivo controlado.
- *Promover la discusión y acuerdos sobre los temas transversales* de manejo de recursos y repoblamiento. El uso de áreas costeras por parte de pescadores artesanales para el manejo y cultivo, es determinante para la sustentabilidad de los recursos, por ello este tema es un desafío transversal que debe abordarse como acción estratégica a nivel regional. Es necesario discutir y establecer criterios a nivel político y legal que permitan, por un lado, obtener beneficios para las comunidades, y por otro, proteger los recursos. Además es necesario actuar con equidad y justicia en el

otorgamiento de áreas y permisos para la pesca y la acuicultura, considerando a las comunidades pesqueras y a la industria privada agrupada en pequeños, medianos y grandes productores. Por último se debe promover la organización de foros, seminarios o talleres para consolidar el entendimiento sobre el rol de los bancos naturales en la acuicultura, así como para capacitar y sensibilizar a los usuarios de los recursos sobre el tema. Lo anterior necesariamente debe incluir la participación de pescadores, empresarios, investigadores y administradores.

- *Aumentar la fiscalización, proteger los bancos naturales y reducir el impacto de los emisarios* industriales, sanitarios y agrarios, que descargan sus efluentes al mar. Los bivalvos son filtradores, por lo que proteger el recurso agua de todo tipo de contaminación es relevante para la producción eficiente de moluscos sanos e inocuos. Si no se toman las medidas propicias, la industria actual y potencial puede colapsar debido a la insuficiencia o falta de semilla, provocada por un mal manejo de los bancos naturales (sobreexplotación) o por la contaminación de las aguas provocada por descargas mal reguladas y mal fiscalizadas (salmoneras, camaroneras, emisarios industriales, emisarios sanitarios, etc.)



# Anexo 1 – Programa del taller



## ESTADO ACTUAL DEL CULTIVO Y MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS Y SU PROYECCIÓN FUTURA: FACTORES QUE AFECTAN SU SUSTENTABILIDAD EN AMÉRICA LATINA (ACUIBIVA)

Local	Hotel Diego de Almagro, Puerto Montt, Chile		
Fecha	20-24 agosto 2007		

Taller		Sesiones	Moderadores
Día 1	20 agosto	Presentaciones y discusión	I. Situación de cultivo de los recursos
Día 2	21 agosto	Presentaciones y discusión	II. Situación del manejo de recursos
Día 3	22 agosto	Presentaciones y discusión	III. Requerimientos y proyecciones
Día 4	23 agosto	Salida a terreno de los conferencistas	
Día 5	24 agosto	Edición de resultados del Taller	Comité científico/Moderadores/FAO

Día 1	20 agosto 2007	Sesión inaugural	Registro y bienvenida
<b>Horario</b>			
08:00 – 08:30		REGISTRO	
08:30 – 08:50		PALABRAS DE BIENVENIDA	
08:50 – 09:00		Intermedio (10 min)	

Día 1	20 agosto 2007	SESIÓN I	SITUACIÓN DE CULTIVO DE LOS RECURSOS
Moderadores AM:	A. Lovatelli/C. Lodeiros	Moderadores PM:	I. Uriarte/L. Velasco
Editor sesión AM:	C. Lodeiros	Editor sesión PM:	L. Velasco

Horario	Expositor	Tema de la presentación
09:00 – 09:30	Alessandro LOVATELLI (FAO, Italia)	Estado actual del cultivo de bivalvos a nivel mundial
09:30 – 10:00	Iker URIARTE (UACH/CIEN Austral, Chile)	Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en Chile
10:00 – 10:30	Guillermo RUPP (CEDAP, Brasil)	Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en la región sudeste-sur de Brasil
10:30 – 11:00	Café (30 min)	
11:00 – 11:30	Alfonso MAEDA (CIBNOR, México)	Estado actual del cultivo de bivalvos en México
11:30 – 12:00	Jaime MENDO (UNACM, Perú)	Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico ( <i>Argopecten purpuratus</i> ) en la costa peruana
12:00 – 12:30	Luz Adriana VELASCO (Universidad de Magdalena, Colombia)	Cultivo de bivalvos en Colombia: utopía o apuesta de futuro?
12:30 – 14:00	Libre (60 min)	
14:00 – 14:30	Cesar LODEIROS (Universidad Oriente, Venezuela)	Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela
14:30 – 15:00	Samia SARKIS (Ministry of Environment, Bermuda)	Oportunidades potenciales para la acuicultura de moluscos bivalvos en el Caribe
15:00 – 15:30	Giuseppe PRIOLI (M.A.R.E., Italia)	El cultivo de moluscos bivalvos en Italia
15:30 – 16:00	Edoardo TUROLLA (IDEA, Italia)	El cultivo de almejas en Italia
16:00 – 16:30	Manuel BAGNARA (CORFO, Región de Los Lagos, Chile)	Descripción del sector mitilícola en la región de Los Lagos, Chile: evolución y proyecciones
16:30 – 17:00	Café (30 min)	
17:00 – 18:30	SESIÓN DE DISCUSIÓN PLENARIA	
18:30 – 19:30	CÓCTEL DE INAUGURACIÓN	

Día 2	21 agosto 2007	SESIÓN II	SITUACIÓN DEL MANEJO DE RECURSOS		
<b>Moderadores AM:</b> C. Molinet/E. Morsan <b>Editor sesión AM:</b> C. Molinet		<b>Moderadores PM:</b> J. Mendo/M. Medina <b>Editor sesión PM:</b> M. Medina			
<b>Horario</b>	<b>Expositor</b>	<b>Tema de la presentación</b>			
09:00 – 09:30	Ricardo NORAMBUENA (Dept. de Acuicultura, Chile)	Normativa aplicada al cultivo de bivalvos en Chile			
09:30 – 10:00	Felipe SUPLICY (Secretaría Especial de Aqüicultura e Pesca, Brasil)	Normativa del cultivo y manejo de moluscos bivalvos en Brasil			
10:00 – 10:30	Paola CAVERO (Dirección General de Acuicultura, Perú)	Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y repoblamiento			
10:30 – 11:00	Gonzalo HERRERA (FONDEF, Chile)	Fondos para la investigación y desarrollo tecnológico de moluscos bivalvos en Chile: resultados y proyecciones			
11:00 – 11:30	<b>Café (30 min)</b>				
11:30 – 12:00	Gabriel JEREZ (Consultor, Chile)	Desafíos y perspectivas de la repoblación de moluscos bivalvos en Chile			
12:00 – 12:30	Carlos MOLINET (UACH/CIEN Austral, Chile)	Uso del borde costero en el Mar Interior de la Región de Aysén y de Los Lagos: escalas e interacción de los procesos de pesca y acuicultura			
12:30 – 13:00	Miguel AVENDAÑO (Universidad Antofagasta, Chile)	Aspectos biológicos y poblacionales de <i>Argopecten purpuratus</i> (Lamarck 1819) en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo			
13:00 – 14:00	<b>Libre (60 min)</b>				
14:00 – 15:30	J. Mendo/J. Toro E. Morsan/A. Farías C. Lodeiros/C. Molinet	<b>Mesas redondas:</b> i) desafíos y soluciones para los cultivos de bivalvos: producción de semillas y engorda ii) desafíos y soluciones para el manejo de recursos bivalvos, la acuicultura integrada y la selección de sitios iii) desafíos y soluciones para las políticas y gestión de recursos: soportes institucionales y reglamentos			
15:00 – 16:00	<b>Café (30 min)</b>				
16:00 – 18:00	<b>SESIÓN DE DISCUSIÓN PLENARIA</b>				

Día 3	22 agosto 2007	SESIÓN III	REQUERIMIENTOS Y PROYECCIONES
<b>Moderadores AM:</b> G. Rupp/M. Astorga <b>Editor sesión AM:</b> M. Astorga		<b>Moderadores PM:</b> J. Cáceres/J. Toro <b>Editor sesión PM:</b> J. Toro	
<b>Horario</b>	<b>Expositor</b>	<b>Tema de la presentación</b>	
08:00 – 08:30	Gloria MARTINEZ GUZMÁN (UCN, Chile)	Control de la reproducción y producción de semillas de bivalvos en sistemas controlados	
08:30 – 09:00	Marcela ASTORGA (UACH/CIEN Austral, Chile)	Estado actual del uso de marcadores moleculares en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura	
09:00 – 09:30	Jorge TORO (UACH, Chile)	Programas de selección genética en bivalvos marinos con énfasis en el caso de Chile	
09:30 – 10:00	Ana FARÍAS (UACH/CIEN Austral, Chile)	Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos	
10:00 – 10:30	<b>Café (30 min)</b>		
10:30 – 11:00	Miriam SEGUEL (CERAM/UACH, Chile)	Manejo de cultivos bivalvos contaminados con marea roja	
11:00 – 11:30	Pedro BUSTAMANTE (UACH, Chile)	Herramientas biotecnológicas en el cultivo de bivalvos	
11:30 – 12:00	Jorge CÁCERES-MARTINEZ (CICESE, México)	La patología en moluscos bivalvos: principales problemas y desafíos para la producción de bivalvos en América Latina	
12:00 – 12:30	Eugenio YOKOTA (Empresario mitilícola, Chile)	Problemáticas y desafíos de la producción de bivalvos de mediana y gran escala en Chile	
12:30 – 13:00	Carlos WURMANN (Asesor Internacional, Chile)	Problemática y desafíos de la producción chilena de moluscos bivalvos en pequeña escala	
12:30 – 13:30	<b>Libre (60 min)</b>		

Horario	Expositor	Tema de la presentación
14:00 – 15:30	G. Rupp/K. Paschke	Mesas redondas:
	L. Velasco/M. Medina	i) desafíos y soluciones de IyD para el manejo y cultivo de bivalvos
	C. Lodeiros/A. Farías	ii) desafíos y soluciones para oportunidades de comercio y de mercado
	J. Mendo/M. Astorga	iii) desafíos y soluciones para el procesamiento de productos, calidad y seguridad alimentaria iv) como fortalecer la participación de comunidades rurales y del sector femenino en manejo y acuicultura de bivalvos
15:30 – 16:00	Café (30 min)	
16:00 – 18:00	SESIÓN DE DISCUSIÓN PLENARIA	

Día 4	23 agosto 2007	SALIDA TERRENO	Visitas CENTRO DE CULTIVO/PLANTA DE PROCESOS (CONFERENCISTAS)
-------	----------------	----------------	---

Empresa: Gerente:	Toralla (Chonchi, Chiloé) Sergio Leiro	Empresa:: Gerente:	Pesquera San José (Puerto Montt) Gonzalo Fernández
Programa: 06:00 09:30 – 09:45 09:45 – 10:45 10:45 – 11:45 11:45 – 12: 45 12:45 – 16:00	Salida del hotel Presentación en la empresa Traslado a Centro de Engorda de mitilidos Visita a Centro de Engorda de mitilidos Traslado a Chonchi Sesión de discusión	Programa: 16:00 – 16:15 16:15 – 17:15 17:15 – 18:15 18:15 – 19:30	Presentación en la empresa Visita a Planta de Proceso de Mitilidos Sesión de discusión Retorno al Hotel

Día 5	24 agosto 2007	SESIÓN FINAL	Edición de resultados del Taller (COMITÉ CIENTÍFICO, MODERADORES, FAO)
-------	----------------	--------------	--

Programa: 07:30 – 08:15 08:30 – 09:15 09:15 – 13:00	Salida del hotel y traslado a Frutillar Formación de grupos de trabajo Elaboración del primer borrador por grupo de trabajo	Programa: 13:00 – 14:15 14:30 – 16:15 16:30 – 18:00	Almuerzo Presentación de los resultados de cada grupo de trabajo Discusión final y acuerdos para edición final Despedida y regreso a Puerto Montt
--	---	--	--



## Anexo 2 – Lista de participantes

### BERMUDAS

**Samia SARKIS (Sra)**  
 Departamento de Servicios de Conservación  
 17 North Shore Road  
 Flatts, Hamilton Parish FL04  
 Tel.: +1-441-2932727 ext. 143  
 Fax: +1-441-2936451  
 E-mail: scsarkis@gov.bm

### BRASIL

**Guilherme S. RUPP**  
 Empresa de Pesquisa Agropecuária e  
 Extensão Rural de Santa Catarina  
 Centro de Desenvolvimento em  
 Aqüicultura e Pesca  
 Rod. Admar Gonzaga  
 1188. Itacorubi C.P. 502  
 Florianópolis  
 Santa Catarina 88034-901  
 Tel.: +55-048-32398041  
 Fax: +55-048-32398028  
 E-mail: rupp@epagri.sc.gov.br

### Felipe M. SUPLICY

Secretaria Especial de Aqüicultura e Pesca  
 Presidência da República do Brasil  
 Brasília  
 Tel.: +55-061-32183896  
 Fax: +55-061-32269980  
 E-mail: suplicy@seap.gov.br

### COLOMBIA

**Luz Adriana VELASCO (Sra)**  
 Laboratorio de Moluscos y Microalgas  
 Instituto de Investigaciones Tropicales  
 Universidad del Magdalena  
 Carrera 2 No. 18-27  
 Taganga, Santa Marta  
 Tel.: +57-05-4219133  
 Fax: +57-05-4219133  
 E-mail: molmarcol@gmail.com

### CHILE

**Marcela P. ASTORGA (Sra)**  
 Instituto de Acuicultura  
 Universidad Austral de Chile  
 CIEN Austral  
 Campus Puerto Montt  
 Los Pinos s/n, Balneario Pelluco  
 Casilla 1327, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-277142  
 Fax: +56-065-255583  
 E-mail: marcelaastorga@uach.cl

### Miguel AVENDAÑO

Laboratorio de Cultivo y Manejo  
 de Moluscos  
 Departamento de Acuicultura  
 Universidad de Antofagasta  
 Avenida Universidad de Chile S/N  
 Casilla 170 Antofagasta  
 Tel.: +56-055-637450  
 Fax: +56-055-637804  
 E-mail: mavendano@uantof.cl

### Manuel BAGNARA VIVANCO

Corporación de Fomento de la Producción  
 Dirección Regional  
 Región de los Lagos  
 Ralún 1033, Puerto Varas  
 Tel.: +56-065-322212  
 Fax: +56-065-345925  
 E-mail: mbagnara@chile.com

### Pedro I. BUSTAMANTE

Instituto de Acuicultura  
 Universidad Austral de Chile  
 Campus Puerto Montt  
 Los Pinos s/n, Balneario Pelluco  
 Casilla 1327, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-284435  
 Fax: +56-065-255583  
 E-mail: pedro.bustamante@vtr.net

**Ana FARÍAS (Sra)**

Instituto de Acuicultura  
 Universidad Austral de Chile  
 CIEN Austral  
 Campus Puerto Montt  
 Los Pinos s/n, Balneario Pelluco  
 Casilla 1327, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-277125  
 Fax: +56-065-255583  
 E-mail: afarias@uach.cl

**Chita GUISADO (Sra)**

Facultad de Ciencias del Mar  
 y de Recursos Naturales  
 Universidad de Valparaíso  
 Avda. Borgoño 16344  
 Reñaca, Viña del Mar  
 Tel.: +56-032-2507862  
 Fax: +56-032-2507859  
 E-mail: chita.guisado@uv.cl

**Gonzalo HERRERA JIMÉNEZ**

Dirección Ejecutiva  
 Fondo de Fomento al Desarrollo Científico  
 y Tecnológico  
 Comisión Nacional de Investigación Científica  
 y Tecnológica  
 Bernarda Morín 495  
 Providencia, Santiago  
 Tel.: +56-02-3654544  
 Fax: +56-02-6551394  
 E-mail: gherrera@conicyt.cl

**Gabriel JEREZ**

Gabinete, Subsecretaría de Pesca  
 Teatinos 120, piso 11  
 Santiago  
 Tel.: +56-02-4733900  
 Fax: +56-02-4733920  
 E-mail: gjerez@subpesca.cl

**Gloria MARTINEZ GUZMÁN (Sra)**

Departamento de Biología Marina  
 Universidad Católica del Norte  
 Coquimbo  
 Tel.: +56-051-209793  
 Fax: +56-051-209812  
 E-mail: gmartine@ucn.cl

**Matías H. MEDINA**

AVS Chile SA  
 Imperial 0655, Off. 3A  
 Puerto Varas  
 Centro I-mar  
 Universidad de Los Lagos  
 Camino Chinquihue Km 6  
 Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-234650  
 E-mail: matias.medina@avs-chile.cl

**Carlos MOLINET**

Instituto de Acuicultura  
 Universidad Austral de Chile  
 CIEN Austral  
 Campus Puerto Montt  
 Los Pinos s/n, Balneario Pelluco  
 Casilla 1327, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-277126  
 Fax: +56-065-255583  
 E-mail: cmolinet@uach.cl

**Ricardo NORAMBUENA**

Departamento de Acuicultura  
 Subsecretaría de Pesca  
 Bellavista 168, piso 16  
 Valparaíso  
 Tel.: +56-032-2502741  
 Fax: +56-032-2502740  
 E-mail: rnorambu@subpesca.cl

**Kurt PASCHKE**

Instituto de Acuicultura  
 Universidad Austral de Chile  
 CIEN Austral  
 Campus Puerto Montt  
 Los Pinos s/n, Balneario Pelluco  
 Casilla 1327, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-277163  
 Fax: +56-065-255583  
 E-mail: kpaschke@uach.cl

**Miriam SEGUEL (Sra)**

Centro Regional de Análisis de Recursos  
 y Medio Ambiente  
 Universidad Austral de Chile  
 Los Pinos s/n, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-277160  
 Fax: +56-065-264597  
 E-mail: mseguel@uach.cl

**Jorge E. TORO**

Instituto de Biología Marina  
 Universidad Austral de Chile  
 Casilla 567  
 Valdivia  
 Tel.: +56-063-221558  
 Fax: +56-063-221455  
 E-mail: jtoro@uach.cl

**Iker URIARTE**

Instituto de Acuicultura  
 Universidad Austral de Chile  
 CIEN Austral  
 Campus Puerto Montt  
 Los Pinos s/n, Balneario Pelluco  
 Casilla 1327, Puerto Montt  
 Tel.: +56-065-277125  
 Fax: +56-065-255583  
 E-mail: iuriarte@uach.cl

**Carlos WURMANN-GOTFRIT**

AWARD Ltda  
 Las Quilas 3981  
 Casilla 19019  
 Correo Vitacura  
 Santiago  
 Tel.: +56-02-7857791  
 Fax: +56-02-7857791  
 E-mail: carwur@vtr.net

**Eugenio YOKOTA-BEURET**

Granja Marina Chauquear  
 Casilla 95, Calbuco  
 Tel.: +56-065-461480  
 Fax: +56-065-461362  
 E-mail: granjamarchile@gmail.com

**ECUADOR****Rafael ALVAREZ**

Fundación CENAIM-ESPOL  
 Centro Nacional Acuicultura e  
 Investigaciones Marinas-Escuela Superior  
 Politécnica del Litoral, Campus Politécnico  
 Km 30,5 Vía Perimetral  
 Casilla 09014519  
 Guayaquil  
 Tel.: +593-04-2269494  
 Fax.: +593-04-2269492  
 E-mail: corbeta1234002@yahoo.com.mx

**Stanislaus SONNENHOLZNER**

Fundación CENAIM-ESPOL  
 Centro Nacional Acuicultura e  
 Investigaciones Marinas-Escuela Superior  
 Politécnica del Litoral  
 Campus Politécnico  
 Km 30,5 Vía Perimetral  
 Casilla 09014519  
 Guayaquil

Tel.: +593-04-2916120  
 Fax.: +593-04-2269492  
 E-mail: ssonnen@cenain.espol.edu.es

**ITALIA****Edoardo TUROLLA**

Istituto Delta Ecologia Applicata srl  
 Via Puccini, 29  
 44100 Ferrara  
 Tel.: +39-0532-977085  
 Fax: +39-0532-977801  
 E-mail: veliger@istitutodelta.it

**Giuseppe PRIOLI**

M.A.R.E. Soc. Coop. a.r.l.  
 Via E. Toti, 2  
 47841 Cattolica (RN)  
 Tel.: +39-0541-833680  
 Fax: +39-0541-830460  
 E-mail: gprioli@coopmare.com

**MÉXICO****Jorge CÁCERES-MARTINEZ**

Centro de Investigación Científica  
 y de Educación Superior de Ensenada  
 Km. 107 Carretera Tijuana - Ensenada  
 Código Postal 22860  
 Apdo. Postal 360  
 Ensenada, Baja California

Tel.: +52-0646-1750500 ext. 24471  
 Fax: +52-0646-1783473  
 E-mail: jcaceres@cicese.mx

**Alfonso N. MAEDA-MARTINEZ**

Centro de Investigaciones Biológicas  
 del Noroeste  
 Mar Bermejo 195  
 Col. Playa Palo de Santa Rita  
 23090 La Paz  
 Tel: +52-0612-1238461  
 Fax: +52-0612-1253625  
 E-mail: amaeda04@cibnor.mx

**PERÚ****Paola CAVERO CERRATO (Sra)**

Dirección General de Acuicultura  
Vice Ministerio de Pesquería del Ministerio  
de la Producción  
Calle Uno Oeste No. 060 Urb. Córpac  
San Isidro, Lima 27  
Tel.: +51-01-6162211  
Fax: +51-01-6162222  
E-mail: pcavero@produce.gob.pe

**Jaime MENDO**

Facultad de Pesquería  
Universidad Nacional Agraria La Molina  
Apdo. 456  
Lima 100  
Tel.: +51-01-3493969  
Fax: +51-01-3493969  
E-mail: jmendo@lamolina.edu.pe

**VENEZUELA****César LODEIRO SEIJO**

Grupo de Investigación en Biología  
de Moluscos  
Instituto Oceanográfico de Venezuela  
Universidad de Oriente  
Cumaná 6101, Estado Sucre  
Tel.: +58-0293-4002165  
Fax: +58-0293-4002165  
E-mail: cesarlodeirosseijo@yahoo.es  
clodeiro@sucre.udo.edu.ve

**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES  
UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA  
ALIMENTACIÓN (FAO)****Alessandro LOVATELLI**

Oficial de Recursos Pesqueros (Acuicultura)  
Servicio de Gestión y Conservación  
de la Acuicultura (FIMA)  
División de Gestión de la Pesca  
y la Acuicultura  
Departamento de Pesca y Acuicultura  
Viale delle Terme di Caracalla  
00153 Roma, Italia  
Tel.: +39-06-57056448  
Fax: +39-06-57053020  
E-mail: alessandro.lovatelli@fao.org

## Anexo 3 – Perfiles de los expertos

**ALVAREZ, Rafael** – Tecnólogo en Ciencias Pesqueras otorgado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) Guayaquil, Ecuador. Realizó varias pasantías en centros de investigación de acuacultura en Japón y Chile. Laboró por 14 años en el Programa de Cultivo de Moluscos Bivalvos del Centro Nacional de Acuacultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). Durante este período trabajó en la implementación de tecnologías de producción de varias especies de moluscos bivalvos, entre estas *Argopecten circularis*, *Nodipecten subnudosus*, *Crassostrea gigas* y recientemente *Spondylus* sp.

**ASTORGA, Marcela** – Doctora en Ciencias Biológicas por la Universidad de Concepción y Licenciada en Ciencias Biológicas por la Pontificia Universidad Católica de Chile. Ha participado en diversos proyectos como «Significados ecológicos y adaptativos de la forma y el grosor de las valvas en mitílidos – un acercamiento desde la genética ecológica, cuantitativa y evolutiva» (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico – FONDECYT); «Maricultura de *Macrocystis* en Chile: Introducción a técnicas de hibridación, caracterización de clones parentales e hibridación reciproca» (FONDEF); y «Diagnóstico de la proyección de la investigación en ciencia y tecnología de la acuicultura chilena» (Fondo de Investigación Pesquera). Ha realizado diversas publicaciones y entre sus líneas de investigación destacan: la genética de poblaciones de organismos marinos; genética evolutiva; y sistemática molecular.

**AVENDAÑO, Miguel** – Doctor en oceanología biológica por la Universidad de Bretaña occidental Brest, Francia, e Ingeniero de Ejecución en Acuicultura por la Universidad de Chile. Ha realizado diversas estadías becado en Francia, en el Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER). Actualmente se desempeña como docente a tiempo completo para la Universidad Católica del Norte (UCN), en Chile, donde ha participado guiando numerosas tesis. Además de su labor docente ha dirigido numerosos proyectos de investigación, especialmente asociados al recurso *Argopecten purpuratus*. En los últimos años ha liderado investigaciones del Fondo de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica Investigación Científica y Tecnológica (CONACYT) enfocado al «Transplante y Conservación del Ostión del Norte en la Bahía de Mejillones del Sur», Chile; y «La explotación sustentable de la Reserva Marina La Rinconada», sobre este último destaca su gestión – entrega de antecedentes científicos- para la creación de la Primera Reserva Marina de Chile, en La Rinconada. Posee a su haber 12 publicaciones indexadas en Science Citation Index (SCI).

**BAGNARA, Manuel** – Ingeniero Pesquero por la Universidad Católica de Valparaíso, Diplomado en Habilidades Directivas por la Universidad de Chile. Desde 2002 es Director Regional de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) Los Lagos, desde donde se preocupa de la Promoción de instrumentos de intermediación financiera a entidades financieras regionales; Diseño y desarrollo del Programa de Apoyo al Cluster del Salmón; Diseño del Programa Tecnológico del Cluster del Salmón; Diseño y desarrollo del Programa de Promoción y Atracción de Inversiones y Diseño e implementación de concursos de innovación tecnológica. Entre 1999 y 2002 fue Consultor Internacional del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Entre 1997 y 1999 fue Director Regional del Programa Servicio País de las Regiones de Atacama y Coquimbo. Ha participado en numerosos congresos y seminarios a nivel

local e internacional. Es autor de «Oportunidades de Desarrollo para los Pescadores Artesanales en Chile»; «Development limits for the handcrafted fishing in the VI Región Diagnosis», y «Development Strategy for Handcrafted Fishing in the VI Region».

**BUSTAMANTE, Pedro** – Doctor en Biología Molecular por la Universidad de East Anglia, John Innes Centre, Norwich Research Park, Reino Unido; Maestría en Biotecnología, por la Universidad de Costa Rica; Licenciado en Ciencias y Tecnólogo Médico por la Universidad Austral de Chile. Posee experiencia ejecutiva, administrativa, docente y de investigación teórica y práctica en varias áreas incluyendo biotecnología acuícola y agroalimentaria, biología molecular, virología, bioquímica, microbiología y bioinformática. Destaca su investigación en el área de herramientas biotecnológicas para el cultivo de moluscos bivalvos.

**CÁCERES MARTÍNEZ, Jorge** – Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Santiago de Compostela, España con mención «*Cum Laude*». Investigador Titular «C» del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Fundador y Director del Instituto de Sanidad Acuícola AC en Ensenada, Baja California, México. Autor de 46 artículos arbitrados y capítulos de libro y de 21 artículos de divulgación. Más de 150 participaciones en congresos nacionales e internacionales. Ha graduado a 2 estudiantes de Doctorado y 7 de Maestría. Ha dirigido 12 proyectos de investigación e impartido numerosos cursos de postgrado y al sector productivo. Miembro del grupo *Ad hoc* para las Américas en el tema de los Moluscos de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). Miembro del Consejo Consultivo Científico en materia de bioseguridad acuícola de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Presidente de la Western Society of Malacology 2003–2004. Responsable del Laboratorio de Referencia de Enfermedades de Moluscos de México.

**CAVERO CERRATO, Paola Milagros** – Ingeniera Pesquera, con estudios de especialización en acuicultura, con 9 años de experiencia en el campo de la acuicultura en el sector público y privado. Actualmente trabaja como Directora General de Acuicultura del Ministerio de la Producción, Perú. Tiene a su cargo el órgano técnico, normativo y promotor encargado de proponer, ejecutar y supervisar en el ámbito nacional y macro-regional los objetivos, políticas y estrategias del sub-sector pesquería relativas a las actividades de acuicultura, velando por el aprovechamiento sostenible de los recursos hidrobiológicos y la protección del ambiente. Depende del Despacho Viceministerial de Pesquería.

**FARÍAS MOLINA, Ana** – Doctora en Ciencias Biológicas de la Universidad de Barcelona (España), Licenciada en Ciencias c/m Biología de la Universidad de Chile. Profesora Titular del Instituto de Acuicultura de la Universidad Austral de Chile y Coordinadora del Área de Nutrición del Centro de Investigación en Nutrición, Tecnología en Alimentos y Sustentabilidad (CIEN Austral). Ha sido presidente del Comité de Acreditación de la carrera de Ingeniería en Acuicultura, y forma parte de la comisión de el Doctorado en Acuicultura, y del Comité Asesor de la Dirección de Investigación y Desarrollo de la Universidad Austral de Chile. Imparte las asignaturas de Nutrición en Acuicultura y de Cultivos Auxiliares, y coordina el módulo de Acuicultura y Biotecnología para la carrera de Ingeniería en Acuicultura. Su área de trabajo es la fisiología nutricional, principalmente enfocada en requerimientos energéticos y de ácidos grasos esenciales. Ha dirigido proyectos Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI)-CORFO, y dirigió el proyecto de Creación del Centro Regional de Investigación y Desarrollo de la Región de Los Lagos CIEN Austral, actualmente dirige un FONDECYT enfocado en el efecto de la nutrición materna sobre la progenie de moluscos.

**HERRERA, Gonzalo** – Doctor en Ciencias Sociales del Trabajo en la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica; Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile; postgrado en Ciencias del Trabajo en el Programa de Economía del Trabajo (PET), Santiago. Se ha desempeñado como Director Ejecutivo del Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Ministerio de Economía de Chile. Se ha desempeñado como investigador y docente en las áreas de la sociología y economía del trabajo y de la innovación tecnológica, habiendo publicado un conjunto de artículos, documentos y capítulos de libros sobre estas materias. Ha participado en los directorios del Fondo para el Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC), de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) y del Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI). Actualmente participa en el Consejo Directivo del Fondo Innova Chile de CORFO. Fue Secretario Ejecutivo de la Comisión Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología y coordinador de la Política Nacional para el Desarrollo de la Biotecnología en Chile. Coordinó, desde el Ministerio de Economía, la puesta en marcha de la Secretaría Ejecutiva del Consejo y del Fondo de Innovación para la Competitividad. Actualmente se desempeña como Director Ejecutivo del Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) de CONICYT.

**JEREZ, Gabriel** – Realizó sus estudios en la Universidad de Concepción, Instituto de Biología y Ciencias Marinas, en la carrera de Biología Marina (1976–1981). Como profesional del área ciencias marinas, cuenta con 20 años de experiencia en el sector de pesquerías de recursos marinos, destacando su participación en proyectos desarrollados, tanto en la Pontificia Universidad Católica de Chile (1982–1986) como en el Instituto de Fomento Pesquero (1987–2004), trabajando en conjunto con expertos nacionales e internacionales reconocidos a nivel mundial. Durante más de una década, contribuyó al desarrollo de prácticas de gestión para la sustentabilidad de las pesquerías bentónicas. En los últimos años (2005 a la fecha) se ha desempeñado como asesor y consultor nacional e internacional en manejo y gestión de recursos marinos, participando en el diseño e implementación de proyectos de investigación y desarrollo, en alianza con el sector privado y académico. En la actualidad, forma parte del equipo de evaluadores científicos de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) y del Consejo de Investigación Pesquera (CIP). En el ámbito de transferencias de conocimientos, destaca su participación en: i) Programa de cooperación horizontal de la Agencia de Cooperación Internacional de Chile (AGCI) para Centro América y el Caribe, ii) Docente en la Facultad de Ecología y RR.NN., Universidad Andrés Bello (UNAB), iii) Comisión Permanente del Pacífico Sur como representante científico del sector pesquero del Gobierno de Chile, y iv) 78 publicaciones científicas, editadas en informes de proyecto, revistas y libros especializados y publicaciones de extensión a la sociedad. En el ámbito privado, contribuyó a la creación de la consultora Value Ocean Management Consulting en calidad de socio-director, efectuando estudios y proyectos de transferencia para la empresa privada, trabajo que realizó hasta mayo de 2007. A partir de junio de 2007 se ha desempeñado asesorando a la Subsecretaría de Pesca en materias relacionadas con las pesquerías bentónicas y áreas de manejo.

**LODEIROS, César** – Doctor en Biología (Ecología Aplicada – Acuicultura) por la Universidad Laval, de Canadá; Maestría en Ciencias Marinas por la Universidad de Oriente, de Venezuela; Licenciado en Biología Fundamental (Men. Molecular), por la Universidad Santiago de Compostela, España. Actualmente es Profesor Titular del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente; Coordinador del Convenio de Cooperación Cultural y Académico entre la Universidad de Oriente y la Universidad de Costa Rica; Editor Asociado para Suramérica, Revista Ciencias Marinas (ISI), Universidad Baja California, México; Coordinador del Grupo de Investigación Sobre Biología de Moluscos, Universidad de Oriente; y Asesor de la Fundación para la

Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado de Sucre. Ha recibido diversos reconocimientos, recientemente el Premio Nacional a la Productividad Académica Universitaria 2002–2007; ha realizado 61 publicaciones en revistas científicas indexadas en Science Citation Index. Ha dirigido diversos proyectos.

**LOVATELLI, Alessandro** – Biólogo y acuicultor de profesión, obtuvo su Licenciatura (BSc) y su Maestría en Ciencias (MSc) en las Universidades de Southampton y Plymouth (Reino Unido), respectivamente. Su primera experiencia con FAO se remonta a 1987 cuando trabajó como experto en bivalvos en un proyecto regional de la FAO/PNUD. Su próxima asignación dentro de FAO fue en México donde trabajó en un proyecto regional de desarrollo de acuacultura (AQUILA) financiado por el Gobierno Italiano. Desde 1993 a 1997 trabajó en Viet Nam, Somalia y después nuevamente en Asia Sureste. En Viet Nam, estuvo a cargo del componente de acuacultura y pesquerías de un proyecto de la UE, el cual desarrolló, entre otras actividades, diez centros de demostración, entrenamiento y extensión de acuacultura. En Somalia fue el consultor principal en acuacultura y pesquerías de la Comisión Europea. Luego de otro año en Viet Nam en que trabajó como uno de los Líderes de Equipo bajo un proyecto financiado por Dinamarca, el Sr. Lovatelli fue reclutado nuevamente por FAO como Asesor de Acuacultura adjunto al proyecto FAO-EASTFISH con base en Dinamarca. En el 2001, el Sr. Lovatelli una vez más se unió a FAO. Actualmente, sus principales actividades se enfocan en el desarrollo de acuacultura marina, desarrollo, transferencia de tecnología de cultivo y manejo de recursos. El Sr. Lovatelli ha producido una serie de documentos técnicos como apoyo al sector de cultivo de bivalvos.

**MAEDA MARTINEZ, Alfonso** – PhD Universidad de Southampton (Reino Unido). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la Academia Mexicana de Ciencias. Investigador titular del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (México) desde hace 23 años. Especialista en ecofisiología y cultivo de moluscos. Autor de 40 artículos publicados ISI, 3 libros y 5 capítulos de libro. Ha dirigido 31 tesis, 4 de doctorado, 12 de maestría y 15 de licenciatura. Ha impartido múltiples cursos de postgrado sobre biología y cultivo de moluscos, y sobre ecofisiología de invertebrados marinos. De 1998 a 1999 fué contacto nacional de la Red II.B Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y del año 2000 al 2003, jefe del proyecto II.6 del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), en el que participaron 30 investigadores de España, Portugal y América Latina en el tema de la biología y el cultivo de moluscos pectinídos. Durante los 90's, responsable de varios proyectos de desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología a través de los programas de riesgo compartido CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), FIR (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura), NAFIN (Nacional Financiera) que permitieron llevar a nivel comercial la tecnología de producción integral de almeja catarina. Esta tecnología tiene dos patentes y el premio «Giroscopio» otorgado por la Universidad de Guadalajara y NAFIN. Ha dirigido mas de 10 proyectos de investigación apoyados por CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad), SIMAC (Sistema de Investigación del Mar del Cortés) y CONACYT.

**MARTÍNEZ GUZMÁN, Gloria** – Título profesional: Bioquímica. Grados: Licenciada en Bioquímica, Universidad de Chile (1968); Master en Ciencias, Universidad del Zulia, Venezuela (1979); PhD, Universidad de Ehime, Japón (2006). Profesor Asociado, Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar. Docencia en Bioquímica y Fisiología Animal para alumnos de Biología Marina e Ingeniería en Acuicultura. Investigación principalmente enfocada a la Fisiología de la Reproducción del ostión *Argopecten purpuratus*, enfocando tantos aspectos biológicos básicos como aplicables

para mejorar su cultivo. Sus investigaciones han sido financiadas principalmente a través de proyectos FONDAP y FONDECYT. Los resultados de sus investigaciones han sido (o están en proceso) mayoritariamente publicados en revistas ISI.

**MENDO, Jaime** – Biólogo Pesquero de la Universidad Nacional de Trujillo (Perú), Diplomado en Biología en la Universidad de Kiel (Alemania) y Doctor en Ciencias Naturales en la Universidad de Bremen (Alemania) con mención «Magna cum Laude». Director Científico y Director del Área de Evaluación de Invertebrados Marinos en el Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Co-investigador del Proyecto Peruano Alemán de la GTZ (Gesellschaft fuer Technische Zusammenarbeit) durante 5 años. Actualmente Profesor Principal del Departamento de Manejo Pesquero y Medio Ambiente de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) y Post Doc en el marco del Proyecto CENSOR-UNALM. Ha liderado y participado en diferentes proyectos y consultorías a nivel nacional e internacional en temas relacionados con el manejo de recursos acuáticos, dinámica de poblaciones de peces e invertebrados, evaluación de impacto ambiental, pesca artesanal y maricultura. Autor de 60 publicaciones a nivel nacional e internacional y de varias contribuciones en libros de amplia divulgación. Ha organizado varios eventos y cursos relacionados con el manejo de recursos y ha participado en muchos congresos, talleres y symposiums a nivel nacional e internacional. Asesor y promotor de estudiantes de doctorado (3) de maestría (5) y ha dirigido mas de 30 tesis de pregrado por lo que se le otorgó el Premio al Investigador en la UNALM.

**MOLINET, Carlos** – Doctor en Ciencias (Sistemática y ecología), Biólogo Marino de la Universidad Austral de Chile. Ha participado en diversos proyectos, como: «Diagnóstico de compatibilidad de la actividad pesquera extractiva artesanal con la acuicultura en la XI Región»; «Análisis comportamiento marea roja en dos localidades de la provincia de Aysén, Puerto Melinka y Puerto Raúl Marín Balmaceda», BIP:30010880-0. Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), Gobierno Regional de Aysén; FIP 2005–14. Validación de la metodología de evaluación de bancos naturales recursos hidrobiológicos y praderas de algas; y Micro-zonificación del borde costero de la región de Aysén, Etapa II. Diagnóstico sociocultural, ambiental y económico del litoral norte de Aysén.

**NORAMBUENA, Ricardo** – Biólogo Marino, Universidad de Concepción, Chile. Primera etapa de su carrera profesional asociada a investigación básica y aplicada en ecología intermareal y desarrollo de cultivo de algas. Luego incursionó en proyectos privados asociados al cultivo del alga *Gracilaria*. La tercera etapa la realizó en el desarrollo y transferencia de tecnologías en el Instituto de Fomento Pesquero en Puerto Montt. En los últimos 11 años labora en la Subsecretaría de Pesca en Valparaíso, donde ha desempeñado funciones en la gestión ambiental, en la administración y ordenamiento de actividades pesqueras y de acuicultura. Participa activamente en la Comisión Nacional de Acuicultura y ha representado a la Subsecretaría en diversas instancias nacionales e internacionales.

**PRIOLI, Giuseppe** – Graduado en Ciencias Biológicas en la Universidad de Bologna en 1984, actualmente es Director del Centro de Investigación M.A.R.E. Soc. Coop. a r.l. y Presidente del Consorcio Mitilicultores de la Emilia Romagna. Desde 1990 ha colaborado con la proyección y elaboración de algunas instalaciones a distancia de la costa presentes en la costa adriática, además de llevar a cabo estudios de búsqueda sobre el estado del cultivo de moluscos en Italia, como colaborador o responsable del proyecto. En 1997 colaboró con la creación del Consorcio Mitilicultores de la Emilia Romagna, asociación que agrupa la mayor parte de los cultivadores de mejillón que operan en esta región, primero con el cargo de Director y desde 2007 como Presidente.

**RUPP, Guilherme** – Graduado en Biología por la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil (1986), hizo maestría en Acuicultura por la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil (1994) y doctorado en Biología por la Memorial University of Newfoundland, Canadá (2003). Presentemente es investigador nivel IV de la Empresa de Investigación Agropecuaria e Extensión Rural de Santa Catarina, donde desarrolla actividades en el Centro de Desarrollo de Acuicultura y Pesca. Tiene experiencia profesional en el área de recursos marinos con énfasis en maricultura, actuando principalmente en los siguientes temas: cultivo y reproducción de moluscos, ecofisiología marina, interacción entre organismos marinos y factores ambientales. Presentemente coordina proyectos financiados por el gobierno federal.

**SARKIS, Samia** – Desde el 2004 la Dra. Sarkis ha trabajado en el Departamento de Servicios de Conservación en Bermuda, como la coordinadora del Programa de Especies Protegidas. También está involucrada en la identificación de las especies amenazadas en Bermuda y en la clasificación de acuerdo a los criterios de la IUCN para incorporarlas en el Acta de Especies Protegidas 2003. Adicionalmente, ha estado involucrada en el desarrollo y publicación de planes de recuperación para todas las especies protegidas y en la implementación de acciones para la recuperación en coordinación con los departamentos gubernamentales responsables, organizaciones no gubernamentales y el sector privado. Ha sido la investigadora principal para la implementación de planes de recuperación de gasterópodos marinos, bivalvos y caballos de mar. También es responsable de la mejora y creación de un criadero multiespecífico para la conservación de especies amenazadas y levantamiento de fondos para trabajo de cultivo. La Dra. Sarkis también es la gerente en Bermuda para el Estudio de Valoración Económica del Medio Ambiente de Bermuda, conjuntamente con el Joint Nature Conservation Committee en el Reino Unido. Desde 1998 al 2003, estuvo asignada a la Estación para la Investigación Biológica de Bermuda, como la principal investigadora en su programa de acuacultura para el desarrollo de técnicas de cultivo a gran escala de especies nativas de bivalvos. Ha instalado y operado un criadero modular y compacto y ha llevado a cabo experimentos científicos en el crecimiento de larvas y postlarvas así como también una serie de estudios comparativos de crecimiento. Una de las principales publicaciones de la Dra. Sarkis es el Documento Técnico de Pesca de la FAO No. 492 sobre la «Instalación y operación de un criadero modular de bivalvos» publicado en el 2007.

**SEGUEL LIZAMA, Miriam** – Biólogo Marino, Master en Ciencias (Canadá). Se ha desempeñado como Investigador en el Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt, Chile, desde 1991 a 1999 y como Gerente Técnico del Centro Regional de Análisis de Recursos y Medio Ambiente (CERAM), Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile desde 2000 a la fecha, centro acreditado para la certificación de toxinas marinas de productos pesqueros para la exportación. Su principal área de investigación esta dirigida a la detección de toxinas marinas en moluscos, y a la taxonomía de fitoplancton marino. Ha participado en 15 proyectos de investigación en el área de marea roja con financiamiento proveniente de FDI-CORFO, FONDEF, CONA (CIMAR-Fiordos), FNDR, ECOS-CONICYT, INCO-DC/R&D Programme. Tiene 10 publicaciones en revistas de circulación nacional e internacional. Ha realizado 22 presentaciones a congresos tanto nacionales como internacionales. Ha realizado estadías de perfeccionamiento en el Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER). Centro de investigación de Nantes y Brest, Francia, Universidad de Copenhague, Dinamarca y Nueva Zelanda.

**SUPILCY, Felipe** – El Dr. Felipe Matarazzo Supilcy comenzó su carrera de acuicultor en 1990. Tiene una licenciatura en Biología y una Maestría en Ciencias (MSc) y un PhD en acuicultura en 1998 y en el 2004, respectivamente. En 1998, recibió un prestigioso premio

en Brasil como «El Científico Joven del Año» con el tema «El Océano como una fuente de alimento». Actualmente ejerce las funciones del Coordinador General de Acuacultura Marina en el Secretariado Especial de Acuacultura y Pesquerías de la Presidencia de la República de Brasil (SEAP/PR). El Dr. Suplicy actúa como el Delegado Brasileño al Comité de Pesquerías – Subcomité de Acuacultura de FAO, y ha sido invitado a muchas Consultas de Expertos de la FAO y es el Coordinador Nacional Encargado del proyecto de la FAO «Desarrollo de las Comunidades Costeras» en el Noreste de Brasil y como el punto focal brasileño para la Red de Centros de Acuacultura en Asia-Pacific (NACA, por sus siglas en inglés) a través del proyecto APEC «A Feasibility Study on the Establishment of an Inter-Governmental Mechanism for the Development and Management of an Aquaculture Network in the Americas». El Dr. Suplicy es también el Coordinador del Programa Nacional de Sanidad de Mariscos de Brasil.

**TORO, Jorge** – MSc (Dalhousie University, Canadá, 1989), PhD (Memorial University of Newfoundland, Canadá, 1999). Ha liderado numerosos proyectos de investigación nacionales (FONDECYT, FIA) e internacionales (IFS, IDRC, CIDA) en el área de la genética aplicada a la acuicultura. Algunas de las publicaciones más recientes en el tema: Toro, J.E., Alcapán, A.C. Ojeda, J.A. and A.M. Vergara. 2004. Selection response for growth rate (Shell height and live weight) in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupe 1854). *Journal of Shellfish Research*, 23: 753–757. Toro, J.E., Innes, D.J. and R.J. Thompson. 2004. Genetic variation among life-history stages of mussels in a *Mytilus edulis* – *M. trossulus* hybrid zone. *Marine Biology*, 145: 713–725. Toro, J.E., Ojeda, J.A., Vergara, A.M., Castro, G.C. and A.C. Alcapán. 2005. Molecular characterization of the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupe 1854) demonstrates evidence for the occurrence of *Mytilus galloprovincialis* in southern Chile. *Journal of Shellfish Research*, 24: 1117–1124. Toro, J.E., Castro, G.C., Ojeda, J.A. and A.M. Vergara. 2006. Allozymic variation and differentiation in the Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis*, along its natural distribution. *Genetics and Molecular Biology*, 29: 174–179. Schmidt, A.J., Toro J.E. and O.R. Chaparro. 2006. Reproductive patterns and their influence on the population genetics of sympatric species of the genus *Crepidula* (Gastropoda: Calyptraeidae). *Journal of Shellfish Research*, 25: 371–378. Toro, J.E., Thompson, R.J. and D.J. Innes. 2006. Fertilization success and early survival in pure and hybrid larvae of *Mytilus edulis* and *M. trossulus* from laboratory crosses. *Aquaculture Research*, 37: 1703–1708. Alcapán, A.C., Néspolo, R.F. and J.E. Toro. 2007. Heritability of body size in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupé 1854): effects of environment and aging. *Aquaculture Research*, 38: 313–320. Principal objetivo de investigación es la aplicación de los estudios en genética a la optimización de la acuicultura y conservación de recursos marinos.

**TUROLLA, Edoardo** – El Sr. Turolla es un profesional que trabaja por cuenta propia especializado en el sector de cultivo de moluscos bivalvos. Antes de graduarse en Biología, ha desarrollado durante diez años la actividad de pescador y de criador de moluscos en la zona del Delta del Po (Italia). Actualmente realiza trabajos de investigación y consultorías para una sociedad privada y sociedades públicas. Es profesor del curso de «Cultivo de moluscos bivalvos» desde el 2001 en la Universidad de Ferrara y desde el 2005 en la Universidad de Bologna. Ha desarrollado y patentado un sistema de criadero en suspensión para las ostras, que hoy en día ha sido adoptado en muchos países, en particular en la reproducción controlada de nuevas especies, logrando definir los protocolos de trabajos divulgativos y científicos. Recientemente ha publicado (2007) un «Atlas de los bivalvos en los mercados italianos».

**URIARTE MERINO, Iker** – Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de Barcelona, Licenciado en Biología por la Universidad de Valparaíso. Profesor Titular de la Universidad Austral de Chile. Coordinador del Área Diversificación Acuícola

del Centro de Investigación en Nutrición, Tecnología en Alimentos y Sustentabilidad (CIEN Austral). Ha dirigido proyectos FONDEF y FONDECYT en larvicultura de moluscos bivalvos. Uriarte, I., Farías, A., Hernández, J., Schäfer, C., Sorgeloos, P. 2004. Reproductive conditioning of Chilean scallop (*Argopecten purpuratus*) and the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*): Effects of enriched diets. *Aquaculture*, 230: 349–357; Uriarte, I., Farías, A., Navarro, A., Cancino, J., Gajardo, G., Nevejan N. 2003. The effects of lipid emulsions and temperature on the hatchery performance of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) larvae. *Aquaculture Research*, 34: 899–902. Uriarte, I., Farías, A., Paschke, K., Marín, S., Navarro, J., Maeda, A., Utting, S., Sorgeloos, P., Anger, K., Grant, W., Gajardo, G., Searcy-Bernal, R., Iriarte, J.L. 2002 International Workshop on Marine Invertebrates: Future directions of multidisciplinary research in larviculture *World Aquaculture* 26: 63–64; Uriarte, I., Farías, A., Olavarria, E. 2002. The controlled culture of sweet clam *Gari solida* (Gray, 1828). En: V Foro dos recursos mariños e da acuacultura das rias galegas. Rey M., Fernández J., Izquierdo M., Guerra A. (eds), Illa de a Toxa (O Grove), España. Págs. 229–231; Uriarte, I., Farías, A., Castilla, J.C. 2001. Effect of antibiotic treatment during larval development of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus*. *Aquacultural Engineering* 25: 139–147; Uriarte, I., Rupp, G., Abarca, A. 2001. Capítulo 8: Producción de juveniles de Pectínidios iberoamericanos bajo condiciones controladas En: «*Los moluscos pectínidios de Iberoamérica: ciencia y acuicultura*». A. Maeda (ed). Ed. Limusa, Págs: 147–171.

**VELASCO, Luz Adriana** – Doctor en Ciencias, Mención Zoología, por la Universidad Austral de Chile; Bióloga Marina por la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia. Posee experiencia laboral como docente e investigadora en la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia, lugar en el que se desempeña actualmente. Como líneas de investigación ha seguido la ecofisiología, cultivo y producción de semilla de moluscos y producción de microalgas. Ha participado en 12 proyectos de investigación, realizado estancias y pasantías, 13 presentaciones en congresos y 19 publicaciones científicas.

**WURMANN, Carlos** – Maestría en Economía por la Hull University, Reino Unido; Ingeniero Civil Industrial, por la Universidad de Chile. Se ha desempeñado como; Gerente de Recursos Marinos, en Fundación Chile; Economista y Consultor para la FAO; Consultor UNIDO, Banco Mundial y otros organismos internacionales; Director Revista Aqua; Miembro del Comité Ejecutivo, International Institute of Fisheries Economics and Trade (IIFET). Ha realizado múltiples publicaciones y conferencias sobre planeamiento y desarrollo acuícola y pesquero en Chile y América Latina, y proyectos en áreas afines. Actualmente es Director Ejecutivo de AWARD Ltda, Chile, consultores internacionales especializados en acuicultura y pesca; Miembro del Comité de Pesca y Acuicultura del FONDEF, Comisión Nacional Científica y Tecnológica, Chile; Consultor FAO en proyectos de desarrollo acuícola; consultor internacional en acuicultura y pesca, en asuntos de planeamiento y desarrollo nacional e internacional; estudios de mercado; desarrollo de empresas y negocios en acuicultura; prospectiva tecnológica, industrial y de mercados; y conferencista internacional en desarrollo y prospectiva acuícola mundial, y regional.

**YOKOTA, Eugenio** – Ingeniero pesquero de la Universidad Católica de Valparaíso, Gerente general de Granja Marina Chauquear Ltda. Ha sido Presidente de la Asociación de Mitilicultores de Calbuco.

## Anexo 4 – Fotografía de grupo de los expertos

### LOS EXPERTOS



### LOS MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO



**Fila superior (de izquierda a derecha):** Alessandro Lovatelli, Matías Medina, Iker Uriarte, Luz Adriana Velasco, Miguel Avendaño, Jaime Mendo, Ana Farías Molina, Jorge Cáceres Martínez, Marcela Astorga, Carlos Molinet.

**Fila inferior (de izquierda a derecha):** Guilherme Rupp, César Lodeiros.



## DOCUMENTOS DEL TALLER



# Current status of world bivalve aquaculture and trade

**Alessandro Lovatelli**

*Departamento de Pesca y Acuicultura*

*Organización para la Agricultura y la Alimentación*

*Roma, Italia*

*E-mail: Alessandro.Lovatelli@fao.org*

**Stefania Vannuccini**

*Departamento de Pesca y Acuicultura*

*Organización para la Agricultura y la Alimentación*

*Roma, Italia*

*E-mail: Stefania.Vannuccini@fao.org*

**Douglas McLeod**

*Asociación Escocesa de Cultivadores de Moluscos*

*Escocia, Reino Unido*

*E-mail: DouglasMcleod@aol.com*

**Lovatelli, A., Vannuccini, S. y McLeod, D.** 2008. Current status of world bivalve aquaculture and trade. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 45–59.

## RESUMEN

En 2005, los bivalvos representaron el 10 por ciento en cantidad y el 7 por ciento en valor del total de la producción pesquera mundial. La producción mundial de bivalvos moluscos ha aumentado considerablemente en los últimos cincuenta años, pasando de casi un millón de toneladas en 1950 a unos 13,6 millones de toneladas en 2005. China es el principal productor de moluscos bivalvos seguido de Japón, los Estados Unidos de América, la República de Corea, Tailandia, Francia, España, Italia y Chile. En el mismo año la producción acuícola de moluscos bivalvos en América Latina y el Caribe alcanzó aproximadamente 128 500 toneladas lo que representa el 1,07 por ciento del total mundial de la producción acuícola y en cantidad (\$EE.UU. 432 millones). Chile es el mayor productor en la región seguido por Brasil y Perú. Las principales especies producidas son el mejillón chileno y la concha de abanico. En 2005, las exportaciones totales de bivalvos de América Latina y el Caribe fueron 18 500 toneladas (\$EE.UU. 124 millones). Las vieiras son las principales especies de bivalvos exportadas seguidas de las almejas.

## ABSTRACT

In 2005, bivalves represented 10 percent in quantity and 7 percent in value of the total world fishery production. World bivalve production has increased substantially in the last fifty years, going from nearly one million tonnes in 1950 to about 13.6 million tonnes in

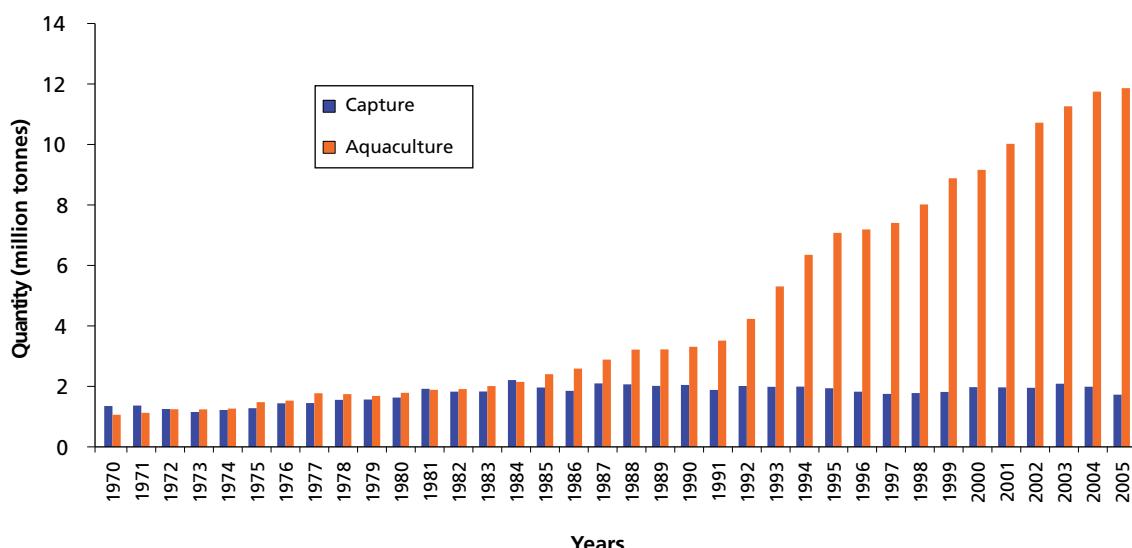
2005. China is by far the leading producer of bivalves followed by Japan, the United States of America, the Republic of Korea, Thailand, France, Spain, Italy and Chile. In the same year aquaculture production of bivalves in the Latin America and the Caribbean reached approximately 128 500 tonnes which represented 1.07 percent of the global total for aquaculture production and an estimated farm-gate value of USD 432 million. Chile has led the region in production followed by Brazil and Peru. The primary species produced are the Chilean mussel and the Peruvian calico scallop. In 2005, total exports of bivalves from Latin America and the Caribbean were 18 500 tonnes, worth USD 124 million. Scallops and pectens are by far the main bivalve species exported followed by clams.

### WORLD BIVALVE PRODUCTION

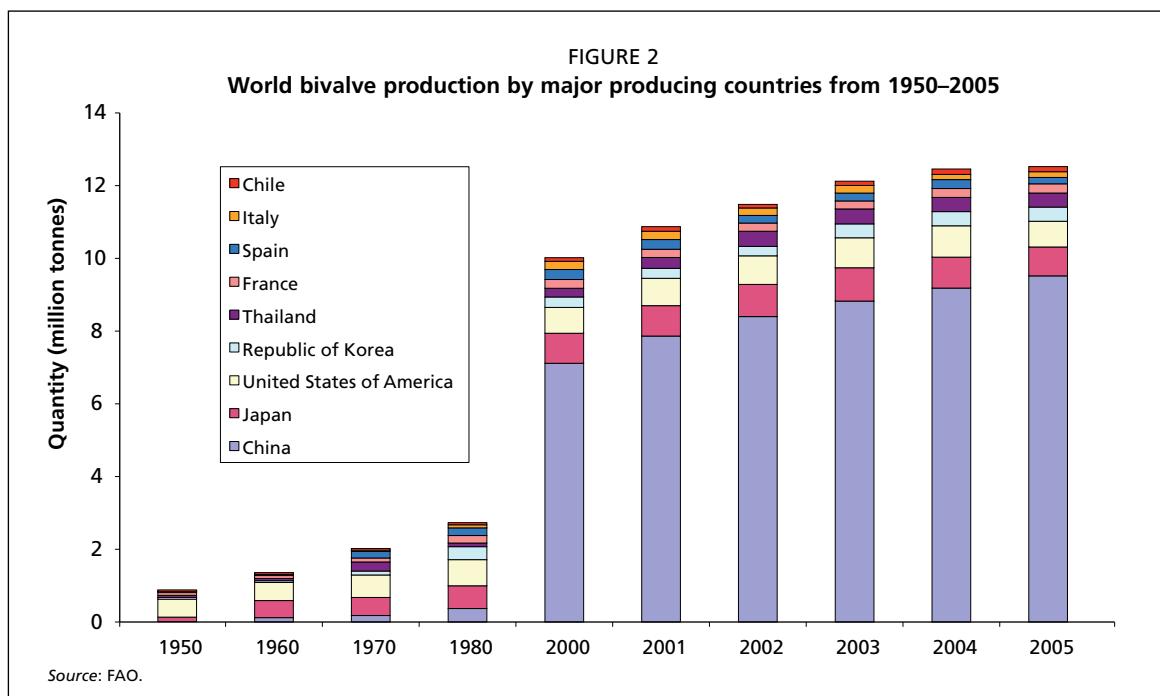
In 2005, bivalves represented 10 percent in quantity and 7 percent in value of the total world fishery production, but 25 percent in volume and 14 percent in value of the total world aquaculture production. World bivalve production (i.e. capture + aquaculture) has increased substantially in the last fifty years, going from nearly 1 million tonnes in 1950 to about 13.6 million tonnes in 2005<sup>1</sup>. This growth is almost totally due to the increase in aquaculture production, which was particularly rapid in the 1990s (Figure 1). World bivalve aquaculture production grew from more than 3.3 million tonnes in 1990 to nearly 12 million tonnes in 2005, with an average growth rate of 8.9 percent per year during this period. In 2005, 87.3 percent of the total bivalve production in the world was cultured.

China is by far the leading producer of bivalves, with 9.5 million tonnes in 2005, all of which is cultivated, representing 70 percent of the total bivalve production and 80.2 percent of the total bivalve aquaculture production. Chinese bivalve production has rapidly increased during the last 30 years, with a particularly strong increase in the 1990s, with an average growth rate of 12.7 percent per year in the period 1990–2005.

**FIGURE 1**  
**World bivalve production from capture fisheries and aquaculture from 1970–2005**



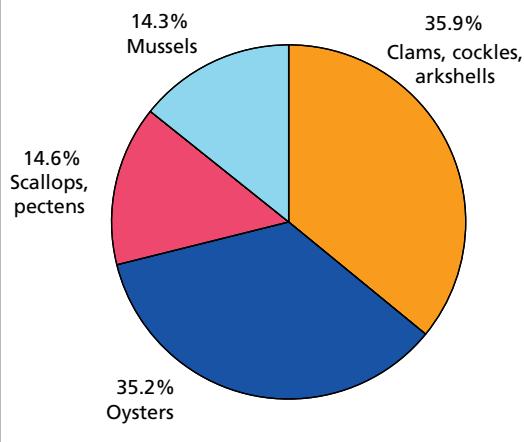
<sup>1</sup> All totals refer to live-weight equivalents – that is, shell weight is included. Figures are based on the official FAO statistics provided by Member countries. The detailed data can be found using FishStat Plus, available at <http://www.fao.org/fi/statist/fisoft/fishplus.asp>.



In 2005 other major producers of cultured bivalves were Japan (794 940 tonnes), the United States of America (707 200 tonnes), the Republic of Korea (389 800 tonnes), Thailand (386 540 tonnes) and France (253 300 tonnes) followed by Spain (174 716 tonnes), Italy (158 314 tonnes) and Chile (140 808 tonnes). These 9 countries account for almost 93 percent of the total world bivalve production (Figure 2).

In 2005, 35.9 percent of the total bivalve production consisted of clams, cockles and arkshells, 35.2 percent of oysters, 14.6 percent of scallops and pectens and 14.3 percent of mussels (Figure 3). While the portion from aquaculture for the same year consisted of 34.0 percent of oysters. Clams, cockles and arkshells represented the second main group of bivalves cultured (30.7 percent) followed by mussels (13.2 percent) and scallops and pectens (9.4 percent). In 2005, 94.5 percent of the oyster production originated from aquaculture. This share was 90.4 percent for mussels, 87.3 percent for clams, cockles and arkshells and 65.7 percent for scallops and pectens.

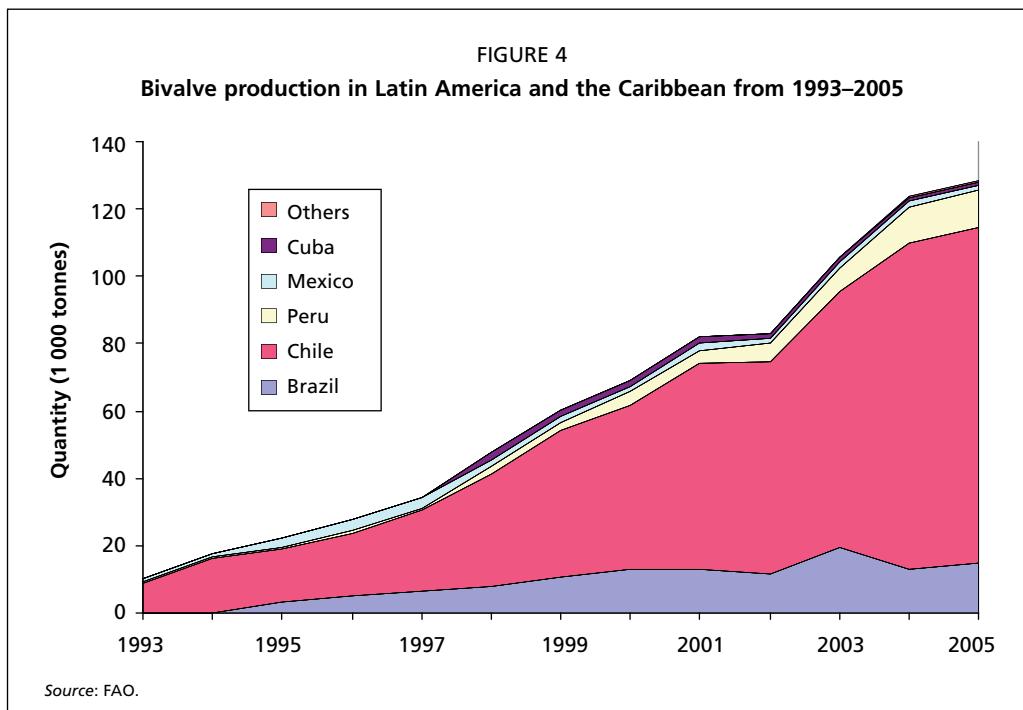
**FIGURE 3**  
**World bivalve production by major species groups in 2005 by quantity**



## AQUACULTURE OF BIVALVES IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN

In 2005, aquaculture production of bivalves in the Latin America and the Caribbean reached 128 418 tonnes with an estimated farm-gate value of USD 432 million. This production volume represents 1.07 percent of the global total for aquaculture production of bivalves (12 011 109 tonnes). Although still a small proportion, this share of the global total has been growing steadily since 1993 when production in the region was 10 323 tonnes, or 0.19 percent of the global total.

Chile has led the region in production with 99 486 tonnes in 2005 including 81 548 tonnes of Chilean mussel (*Mytilus chilensis*) and 14 303 tonnes of the Peruvian calico scallop (*Argopecten purpuratus*) followed by Brazil and Peru (Figure 4).



**Major species** – As Chile dominates bivalve aquaculture production in the region, the primary species produced in Chile are also the primary species produced in the region as a whole – i.e. Chilean mussel (81 548 tonnes) and the Peruvian calico scallop (25 369 tonnes) (Table 1). Peru also reports substantial production of the latter species (11 066 tonnes in 2005). In Brazil, production consists primarily of the South American rock mussel (*Perna perna*) and cupped oysters (*Crassostrea* spp.). Mexico and Cuba have also reported recent oyster production exceeding 1 000 tonnes. Only three families of bivalve species are currently represented in the production statistics for the region – Mytilidae, Pectinidae and Ostreidae. Globally, another eight families have production over 1 000 tonnes, led by Veneridae (3 017 765 tonnes) and Solecurtidae (713 846 tonnes).

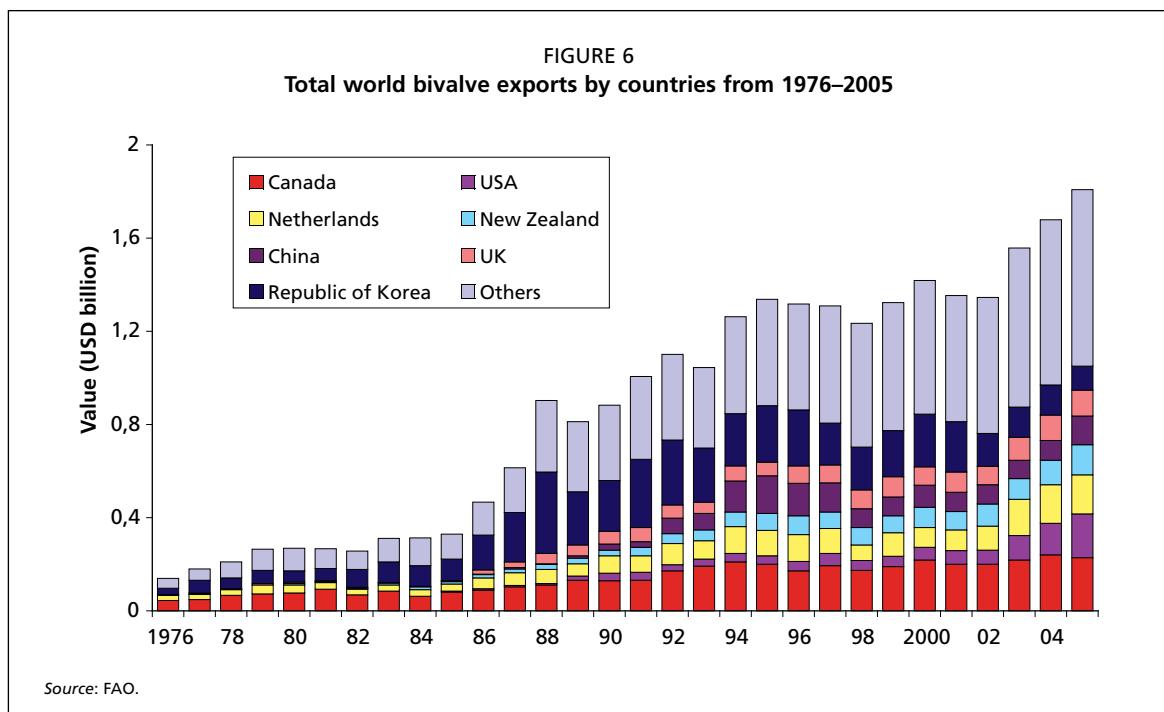
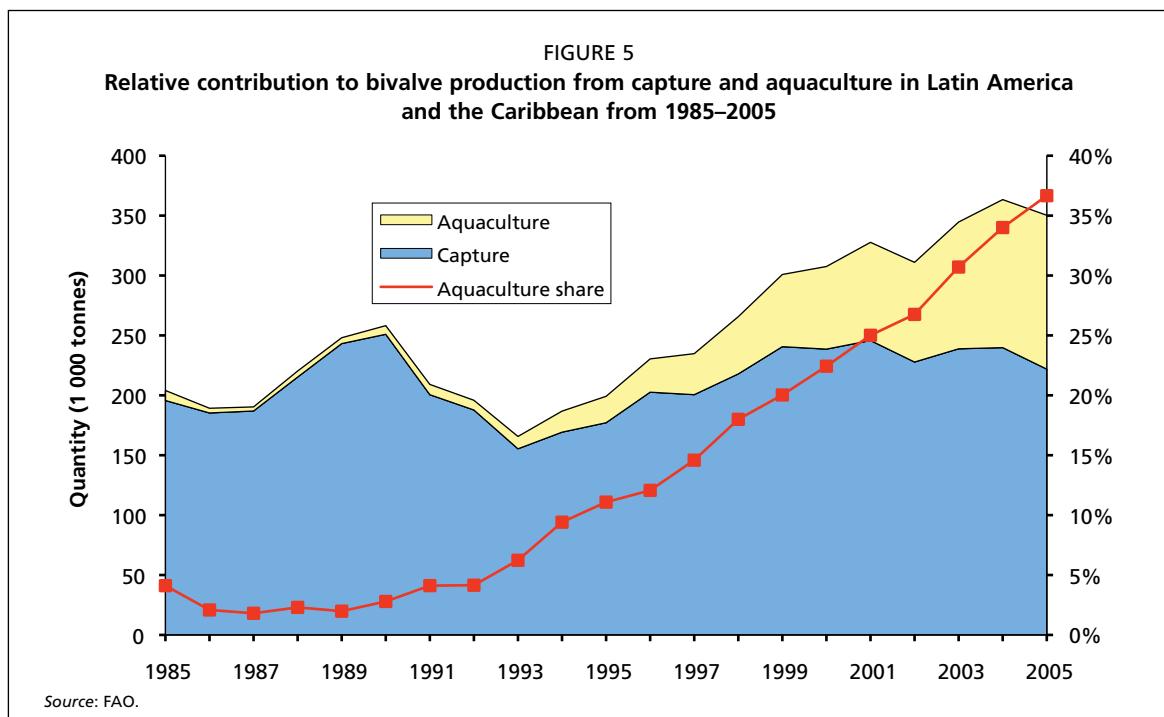
**Comparison to capture production** – For most of the period 1985–2005, capture production of bivalves in Latin America and the Caribbean has fluctuated between 150 000 tonnes and 250 000 tonnes (see Figure 2). In addition to Chile and Peru, Mexico, Venezuela and Argentina reported capture production of bivalves exceeding 25 000 tonnes. The growth of bivalve aquaculture from 1993–2005 coincided with a period of growth in capture production (1993–2001) followed by a period of a small decline (2001–2005). This might indicate that there is room for the sector to grow and an un-met demand for additional bivalves. In 2005, the share of bivalve production coming from aquaculture reached a high of 36.7 percent for the region (Figure 5).

### WORLD TRADE OF BIVALVES

The share of bivalves entering international trade is relatively limited, about 2.3 percent in value terms in 2005.

World exports of bivalves have increased steadily in the last 25 years, going from 124 300 tonnes (product weight), worth USD 140 million in 1976 to 459 300 tonnes (product weight), worth USD 1 808 million in 2005 (Figure 6). In quantity terms (product weight), mussels are the main bivalve species exported with 257 300 tonnes in 2005, followed by scallops and pectens (93 000 tonnes), oysters (54 700 tonnes) and clams and arkshells (54 300 tonnes). However, statistics for clams and arkshells are underestimated as these species are not separately identified by the Harmonized

System classification as well as by many countries (including China up to 2005) in their national classification. Trade of clams and arkshells is so often recorded under “other molluscs unidentified”. The real exports of clams and arkshells is estimated at about 100 000 tonnes.



In value terms, scallops and pectens are the first (USD 811 million), followed by mussels (USD 549 million), oysters (USD 198 million) and clams and arkshells (USD 155 million, with a possible real value of about USD 300 million).

In 2005, 49.1 percent of all bivalve exports (value-wise) consisted of frozen bivalves, 38.8 percent were live, fresh or chilled, 10.7 percent in canned form and 1.3 percent were cured bivalves.

TABLE 1  
Top species 2005 Production – Aquaculture of bivalves (tonnes)

World		
English name	Nombre español	Scientific name
Pacific cupped oyster	Ostión japonés	<i>Crassostrea gigas</i>
Japanese carpet shell	Almeja japonesa	<i>Ruditapes philippinarum</i>
Yesso scallop	Vieira japonesa	<i>Patinopecten yessoensis</i>
Sea mussels nei <sup>1</sup>	Mejillones nep <sup>2</sup>	<i>Mytilidae</i>
Constricted tagelus	Sinonovacula constricta	<i>Sinonovacula constricta</i>
Blood cockle	Arca del Pacífico occidental	<i>Anadara granosa</i>
Blue mussel	Mejillón común	<i>Mytilus edulis</i>
Green mussel	Mejillón verde	<i>Perna viridis</i>
Mediterranean mussel	Mejillón mediterráneo	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
New Zealand mussel	Mejillón de Nueva Zelanda	<i>Perna canaliculus</i>
Other bivalves	Otros bivalvos	–
Latin America and the Caribbean		
Chilean mussel	Chorito	<i>Mytilus chilensis</i>
Peruvian calico scallop	Ostión abanico	<i>Argopecten purpuratus</i>
South American rock mussel	Mejillón de roca sudamericano	<i>Perna perna</i>
Pacific cupped oyster	Ostión japonés	<i>Crassostrea gigas</i>
Cupped oysters nei <sup>1</sup>	Ostiones nep <sup>2</sup>	<i>Crassostrea spp.</i>
Mangrove cupped oyster	Ostión de mangle	<i>Crassostrea rhizophorae</i>
Cholga mussel	Cholga	<i>Aulacomya ater</i>
Choro mussel	Choro	<i>Choromytilus chorus</i>
American cupped oyster	Ostión virgínico	<i>Crassostrea virginica</i>
Cortez oyster	Ostra de Cortez	<i>Crassostrea corteziensis</i>
Other bivalves	Otros bivalvos	–

<sup>1</sup> nei = not elsewhere included

<sup>2</sup> nep = no especificado en otra partida

Source: FAO.

In 2005, Canada was the major exporter of bivalves in value terms with USD 229 million (12.7 percent of the total exports of bivalves), followed by the United States of America (USD 188 million), the Netherlands (USD 166 billion), New Zealand (USD 130 million) and China (USD 124 million, underestimated).

In 2005, the United States of America was the leading importer of bivalves in value terms with USD 395 million, representing 18.9 percent of the total imports of bivalves. Other major bivalve importers were France (USD 361 million), Japan (USD 217 million), China Hong Kong Special Administrative Region (SAR), China (USD 171 million), Spain (USD 156 million), Belgium (USD 152 million) and Italy (USD 106 million).

In 2005, the Netherlands was the main exporter, value-wise, of mussels, with USD 144 million, representing 26 percent of the total exports, followed by New Zealand (21 percent), Denmark (9 percent), Spain (8 percent) and Ireland (7 percent). France was the major importer of mussels with USD 103.4 million, a share of 19 percent of total imports. Other major importers were Belgium (17 percent), the United States of America (12 percent), Italy (9 percent) and Spain (8 percent).

The Republic of Korea is by far the leading oyster exporter with 31 percent of the total value of oyster exports in 2005. Other major oyster exporters, in value terms, were France (16 percent), China (10 percent), the United States of America (9 percent), Canada (7 percent), New Zealand (6 percent) and the Netherlands (3 percent). The United States of America was the major oyster importer in 2005, with USD 48.6 million, a share of 22 percent of the total. Other major importers value-wise were Japan (16 percent), China and China Hong Kong SAR (13 percent), Italy (9 percent), Spain (6 percent) and Canada (6 percent).

In 2005, the United States of America was the major exporter in value terms of scallops and pectens with USD 134.8 million, representing 17 percent of the total value

of exports. Japan was the second major exporter with a 12 percent share, followed by Canada (11 percent), the United Kingdom (11 percent) and China (9 percent). In 2005, France was the leading importer of scallops and pectens value-wise, with a 24 percent share of the total, followed by the United States of America (22 percent), China and China Hong Kong SAR (13 percent), Japan (5 percent), Belgium (5 percent) and Canada (5 percent).

In 2005, Canada was the leading exporter of clams with a share of 41 percent of the total value, followed by the Republic of Korea (16 percent), the United States of America (13 percent), Chile (7 percent) and France (5 percent). Japan was the main importer with a share of 42 percent, followed by Spain (19 percent), the United States of America (17 percent) and Canada (10 percent).

### BIVALVE TRADE IN LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN

In 2005, total exports of bivalves from Latin America and the Caribbean (LAC) were 18 500 tonnes (product weight), worth USD 124 million (Figure 7). This export value represents 6.8 percent of the world total value of bivalve exports (USD 1.8 billion) and only 1.3 percent of total exports of fish and fishery products from the LAC countries. Exports of bivalves have shown a significant increase since the 64 tonnes, valued at USD 34 000, in 1976 linked to the steady growth in production. The major increase occurred in the late 1990s, peaking, in quantity terms, in 1999 (20 500 tonnes), followed by three years of decline and a further growth.

In 2005, scallops and pectens were, by far, the main bivalve species exported, with 12 100 tonnes (USD 100.0 million), followed by clams and arkshells (3 600 tonnes; USD 17.6 million), mussels (2 000 tonnes; USD 3.9 million) and oysters (778 tonnes; USD 2.2 million) (Figure 8).

Chile represents the main exporter of bivalves with 8 300 tonnes (product weight), valued at

FIGURE 7  
Bivalve trade in Latin America and the Caribbean

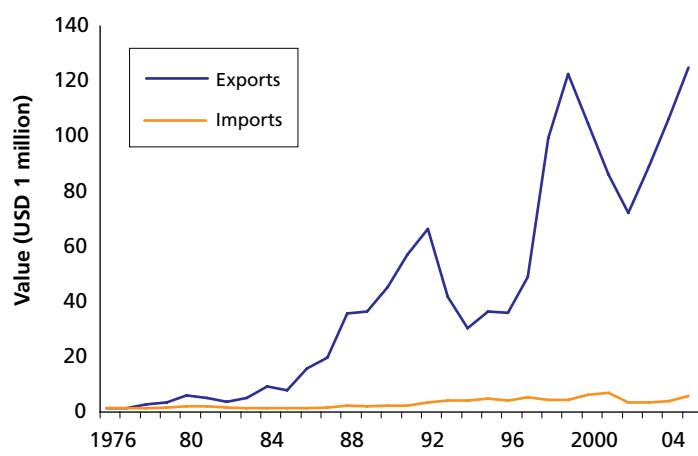
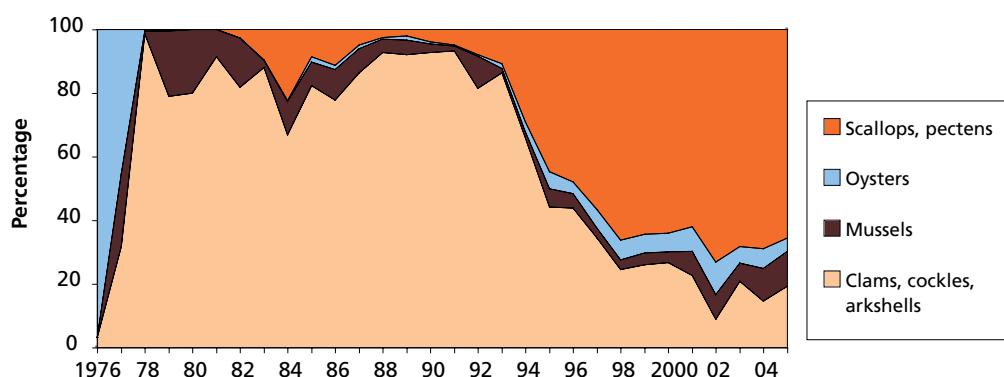
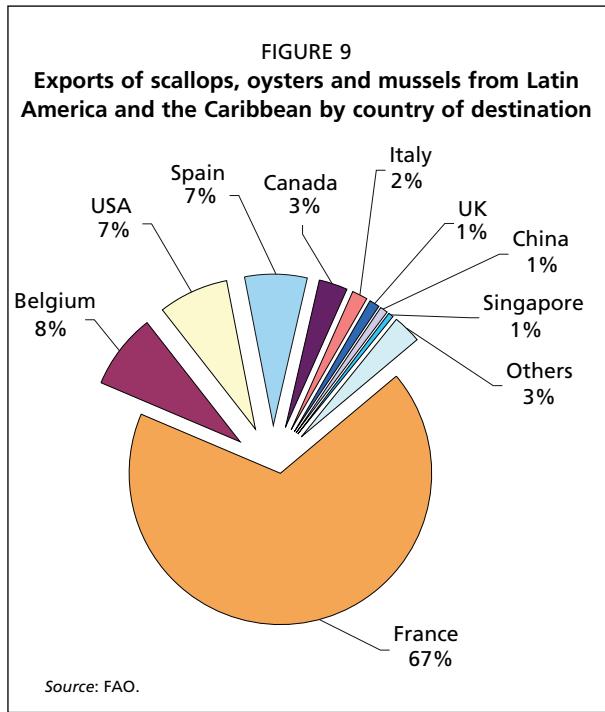


FIGURE 8  
Exports of bivalves from Latin America and the Caribbean by species groups in percentage





USD 49 million in 2005. Chilean exports have increased considerably since the mid-1990s but remained fairly stable in the following years. In 2005, 52.0 percent of Chilean exports consisted of scallops and pectens, mainly in frozen form, 35.7 percent of clams (mainly as prepared and preserved), 7.9 percent of mussels and 4.3 percent of oysters. In 2005, other major exporters were Peru (USD 37 million), Argentina (USD 35 million), followed by Uruguay (USD 1.5 million) and Ecuador (USD 0.7 million).

Europe is by far the main destination market for exports of scallops, oysters and mussels of the Latin America and the Caribbean, with France having a share of 67.6 percent (value-wise) in 2005, Belgium (8.0 percent), Spain (6.7 percent), and Italy (1.7 percent), while the United States of America absorbed 7.4 percent and Canada 3.1 percent (Figure 9).

Spain is by far the main market for exports of mussels of the Latin America and the Caribbean (LAC) countries, having a share of 72 percent of the value in 2005. Italy, South Africa, the Netherlands and the United States of America are other minor destinations.

In 2005, 84 percent of the value of the LAC exports of oysters was destined for Asian countries, with China (35 percent) as main market, followed by Singapore (26 percent) and Taiwan Province of China (19 percent). There is also an intra-regional trade with a share of 5 percent. In 1990 South Africa was the main market, with a share of 70 percent which dropped to only 8 percent in 2005.

The share of bivalves entering Latin America and the Caribbean is relatively limited (781 tonnes, valued at USD 4.5 million in 2005), representing a share of only 0.2 percent of world imports of bivalves and of 0.3 percent of total imports of fish and fishery products of Latin America and the Caribbean countries.

In 2005, 34.4 percent (value) of all bivalve imports consisted of scallops and pectens, 30.6 percent of mussels, 30.2 percent of clams, cockles, arkshells and only 4.7 percent were oysters.

In 2005, Chile was also the major importer of bivalves from other Latin America and the Caribbean producers with 143 tonnes, worth at 1.1 million, consisting mainly of clams. Other importers were Cuba (USD 0.7 million), Jamaica (USD 0.5 million), Dominican Republic (USD 0.3 million) and Barbados (USD 0.3 million). In 2006, Chilean imports of clams increased to USD 2.2 million, with Peru as the only supplier in live, fresh or chilled form and Italy as a supplier of USD 497 in prepared and preserved form.

The majority of the exports of scallops of Chile consists of frozen *Argopecten purpuratus* (Ostiones del Norte) with France as the main market (91 percent of the USD 29.7 million in 2006), followed by Italy, Australia, Belgium, Brazil, Spain and the United States of America. In 2006, there was an increase in exports of prepared and preserved scallops going from USD 15 100 to USD 117 100. In 2006, 99.9 percent of the Chilean exports of oysters (USD 1.6 million) consisted of *Crassostrea gigas* (Ostras del Pacífico) the majority of which (91.2 percent) were exported in the frozen form. In 2006, 38.6 percent of the Chilean exports of oysters were destined to Singapore, followed by Taiwan Province of China (22.6 percent), South Africa (15.9 percent), China (11.2 percent) and Namibia (10.8 percent). The majority of the exports of mussels

are in frozen form. In 2006, 71.4 percent of the Chilean exports of mussels (USD 7.1 million) were destined to Spain. Other major markets were the United States of America (8.6 percent), France (5.4 percent), the Netherlands (3.0 percent), the Russian Federation (2.2 percent) and Italy (1.9 percent). In 2006, Chilean exports of clams were USD 18.0 million of which 99.2 percent in prepared or preserved form. Almost 80 percent of the clam exports consisted of the following two species *Prototthaca thaca* (Taca clam) and *Ameghinomya antiqua* (King's littleneck). Spain represents the main destination market, with a share of 91.9 percent in 2006. Other markets were Mexico, Argentina, Peru, Ecuador, Colombia and Venezuela.

The bulk of the exports of bivalves of Peru consist of scallops, mainly vieiras, concha de abanico in frozen form. France represents the main destination market for these exports (81.3 percent in 2006). Other major markets are Spain, Belgium and Italy. In 2006, total Peruvian exports of bivalves were 6 290 tonnes (product weight), worth USD 46.4 million (95 percent in frozen form). In the same year, other exports of bivalves consisted in 2 tonnes of oysters (USD 12 560); 24 tonnes of mussels (USD 54 960) and 765 tonnes (USD 4.5 million) of prepared and preserved clams (79.5 percent to Taiwan Province of China).

### **ENVIRONMENTAL ISSUES AND BIVALVE AQUACULTURE**

The further expansion and development of a sustainable bivalve aquaculture sector will require, as one major condition, the availability of suitable grounds where the environmental parameters will allow the production of the farmed species. The maintenance of such grounds will also ensure the sustainable continuity of this commercial sector. Many of the environmental concerns that the public have about finfish farms are not however issues that generally affect shellfish culture. This is largely due to the dispersed nature of shellfish farms, the absence of inputs of feed or therapeutic medicines to the environment, and the fact that shellfish farm biomass is naturally limited by the plankton availability. Shellfish culture is essentially a nutrient extractive industry, not one of net nutrient input.

Shellfish culture depends for its existence on maintaining a sustainable balance with its environment. The effect that shellfish cultivation has on the environment must not be such that the environment cannot support the production. Recognition of such limitation should result in the appropriate design of a farm, stocking rates, timing of harvesting, etc. All these factors have to be related to the site chosen and its particular environmental variables, which will be different for each site.

All human activities that take place in the environment will have an environmental impact to some extent. This term has come to resonate with the public as always having negative connotations, but what is considered to be a significant impact in one area or situation, may not be so in another. In shellfish culture the following major issues are considered to be significant: visual impact; benthic changes; introduction of alien species for cultivation; impact on local wild fauna; introduction of predators, pests and diseases; competition with other endemic species; alteration of the plankton profile; nutrient status of a water body and siltation.

*Visual impact* – In areas of intense bivalve farming activity such as many areas of the French and Chinese coasts, there is an undoubtedly impact that is considered to be a part of the scenery and a natural result of the local economy, in the same way that rows of vines, sunflowers, cabbages or bales of silage have an effect on terrestrial scenery. The industry is promoted and celebrated, and is accepted by locals and visitors alike. In less traditional farming areas the farming installations are much lower-scale, but are not yet accepted universally as a legitimate part of the scenery. This is partly because of their relative novelty and partly because of the wild nature of the landscape in which they exist. What is or isn't visually acceptable will always be a subjective matter and may change over the

years. In the meantime strong efforts are made to limit the visual impact as a result of the scale of developments and their production potential is often restricted.

*Benthic changes* – During the production cycle of shellfish, mortalities occur, faecal and pseudofaecal matter is produced and a proportion of the farmed animals and associated fouling organisms fall off. All these will accumulate on the seabed. The rate of accumulation and the size of seabed footprint created by the farm will depend on the size and density of the farm, the depth of the bottom below the culture units, the peak current velocity and directions, and the peak wave energy. The debris that falls to the bottom is not unnatural and accumulation is often matched by natural processes of dispersal. Where there is a potential for unacceptable accumulation, design changes to a farm should be considered.

Changes to the benthos caused by siltation occur where the density of ropes, trestles or bouchot poles cause a reduction in the current velocity to the point where silt particles are able to settle out of suspension and onto the bottom. Where this is severe, it may be necessary to remove or reduce the installations temporarily or permanently. There will be changes to the species diversity on the bottom beneath a farm that may or may not be considered acceptable. They do not appear to be irreversible changes and are partly balanced by the great diversity of species that will be found growing on or amongst the culture species. Many of these crustaceans, worms, molluscs and algae become food for associated populations of fish that in turn support significant bird populations. This increase in diversity is also of course, an environmental impact, although rarely viewed as undesirable. As with visual impact above, there is a great differential between countries in what is considered to be an acceptable level of change or impact.

*Alien species* – Introducing non-native species into an environment carries a high risk that they may become a pest and displace native species. The introductions of Pacific oysters and Manila clams have proved to be economically highly successful and they have now naturalized in certain areas that appear to be increasing in size as climate changes take place. Introduction of non-native species has also been associated with the introduction of non-native pests and diseases that have seriously affected the native species, preventing regeneration of stocks. Mass introduction of adult or halfware stocks of alien species seems to carry an inescapable risk of importing undesirable organisms. Quarantine or import inspections do not carry the 100 percent guarantee that should be required. Use of hatchery-reared juveniles seems to be the only sensible course to take.

Non-native competitive or smothering organisms such as certain tunicates, crustaceans, molluscs and algae are also causing problems. The point of entry of these is not always known, but ship ballast water is a prime suspect. Toxic algal species may also be being spread in the same way.

*Interaction with wildlife* – In the Netherlands the natural seed resource utilised by the mussel industry also supports large populations of ducks, oyster catchers and other seabirds. The quantity of seed available to the farms has been reduced in recent years as more has been reserved for the birds. This has resulted in a reduction in production of approximately 50 000 tonnes of mussels. Ducks and oystercatchers are serious predators of mussels and oysters and a number of measures are used to reduce the damage. Other serious predators are crab, starfish, oyster drills and some fish. Many strategies are used to prevent predation and few of them are fully successful, so it could be said that shellfish farming supports dependent populations of other species. On the whole, however, shellfish farming coexists well with surrounding wildlife and in many cases positively enhances diversity.

*Plankton profile* – In areas of intensive shellfish aquaculture such as the Spanish Rias, French bays or Italian lagoons, the presence of a large number of spawning adult molluscs will skew the natural profile of the plankton so that the larvae of the cultured species dominates the plankton and could lead to heavy settlements out-competing other naturally occurring species. The presence of a high population of filter feeders could also lead to a shortage of food plankton for other filter feeding species. This however has not yet been proven and is unlikely to be significant in the moderate densities found in many culture areas.

*Nutrient status* – The effect of large populations of cultivated molluscs has the potential to increase the rate of remineralization of organic matter that is consumed, digested and excreted by the shellfish. This apparent increase in the level of nutrients available for plankton growth has led to investigation of the benefits of polyculture of finfish, shellfish and macroalgae. High populations of shellfish also have the potential to reduce oxygen levels in poorly flushed areas. This has been noted in the clam farming lagoons in Italy and over the mussel beds in the Limfjord in Denmark.

*Effects of the environment on shellfish culture* – The major environmental issues to affect shellfish farmers are those concerned with water quality. These include the microbiological status of the harvesting areas, the incidence of industrial pollutants and harmful algal blooms with associated toxic events.

The microbiological status of the harvesting area is largely affected by the policies of local authorities, specifically with regard to sewerage treatment and agricultural “diffuse” pollution. Industrial pollutants (dioxins, polychlorinated biphenyls, hydrocarbons, pesticides, etc.) may be a local problem or in the case of persistent substances, they may come from further afield. Marine biotoxins may or may not be an entirely natural occurrence but they are becoming increasingly common, and regulation is becoming increasingly intensive. None of these problems are caused by the farmer but all of them have the capacity to destroy an industry and ultimately the industry may have to pay to clean them up. These are the environmental issues that most concern the industry and are the biggest threat to its long-term sustainability.

## **CONSUMER AND SOCIETAL ISSUES AFFECTING THE GROWTH OF THE SECTOR**

*Demand seasonality, lifestyle and health issues* – Those countries with a long tradition of consumption are related historically to availability and seasonal quality. In popular tourist destinations demand is also seasonal and high during the summer months. On the other hand, in other regions (e.g. Southern Europe) one tends to see a more continuous year round demand.

In countries where the general change in diet is away from red meat consumption and towards increasing seafood consumption, there has been a positive affect on demand for shellfish. This is particularly true in regions where seafood consumption has not always been the norm. The change in work patterns, family structure, general affluence and the cash rich/time poor syndrome of modern life has increased the demand for easily prepared or precooked ready meals, including shellfish. The demand for this type of produce is recognized and is partly responsible for the increase in supply of processed shellfish products.

Many authorities recognize the health benefits of consuming shellfish. These include its properties of low fat, high polyunsaturated fatty acids – particularly Omega 3 – and its rich source of minerals such as zinc and iron, etc. These benefits are frequently promoted to the public by trade bodies, governmental bodies and Non-governmental Organizations. Such communication needs to be seen as a long-term commitment, as the consuming public has a short memory for good news and a long memory for bad news, particularly food poisoning events.

*Consumer perception* – The general perception of shellfish is a positive one, particularly amongst traditional consumers. However amongst the non-traditional consumer there is continuing suspicion about the food safety issues. This more conservative portion of the public will need continued and unequivocal messages about the health benefits and safety of shellfish before they are persuaded. This should be seen as a worthwhile exercise as the non-traditional consumer represents a very large potential market. Information provided to the public tends to concentrate on the usual consumer issues of taste, value for money, ease of preparation and health benefits. Information on the method of production is occasionally provided to the consumer in a brief form. However, this could profitably be expanded upon, particularly with reference to the sustainable nature of the industry, in order to enhance a positive Public Relation (PR) image. There is widespread ignorance amongst the public and shellfish farming is currently too easily lumped in with finfish farming and consequently can suffer from the bad press that this industry sometimes attracts.

*Media coverage* – It appears that when all else is equal, the press will prefer a bad news story to a good news story. Likewise, the public seems to have a long memory for the downside and for every feedback story on the health benefits of shellfish, there will be hundred fictional tales about poisonous oysters, allergies to mussels, radioactive clams, etc. In countries with a traditional bivalve aquaculture industry press coverage appears to be well informed. This is no doubt a reflection of the historic economic importance of the industry and its cultural place in local society. In these countries, threats to their industry are taken seriously by the public and the media.

*Impact of action groups* – Single issue action groups campaigning against shellfish farms may be objecting on the grounds of visual impact, navigation issues, noise, beach debris, disturbance to wildlife, etc. While many of these issues can be subjective and not based on real evidence, it is necessary to spend time and effort to ensure that farms are complying with relevant regulations and protocols and countering with positive issues such as employment benefits, production of quality food, etc.

*Retailer influence* – The relationship between producers and retailers and retailers and consumers is a dynamic one that will change with the supply and demand situation. In times of shortage the supplier calls the shots and during a glut the producer becomes a price taker. For long-term sustainability of the industry there needs to be understanding by both parties of the others' needs. In the case of small producers it may be advantageous, in certain situations, to group together as larger commercial units or as cooperatives in order to achieve what the supermarket requires. The influence of the retailer on the customer is based on the way a product is presented, packaged and priced, and on the range, quality and availability of the product.

## **ECONOMIC SUSTAINABILITY OF THE SECTOR**

Shellfish aquaculture is first and foremost a commercial business although in some areas can be considered part of a subsistence economy. The economics of the industry will vary with the normal rules of supply and demand, production costs and sales price, as these factors will be affected by the environmental sustainability and vice versa. There are many outside influences that affect the economic sustainability of the industry, most of which cannot be controlled by the industry, but must be reacted to. Some of these include:

- Increases in input costs of fuel, labour, transport, steel, plastics and other materials. As the industry becomes more mechanised, more dependent on production in peripheral areas and more dependent on processed product, then fuel costs become more critical. That includes fuel use in production, processing, chilled or frozen storage and transport to market.

- Decreases in production levels due to site and seed availability, poor weather, harmful algal blooms, diseases, pests, water quality problems and plankton abundance. Water quality problems have the capacity to make some production areas unusable or uneconomic. Differences in national attitudes to the risks of shellfish consumption mean that there is variation in the way that regulations are interpreted and implemented (e.g. the European Shellfish Hygiene Regulations). This can have large effects on the production and purification costs to a business. Current purification methods and strategies have evolved in response to the method of testing, despite the fact that the current test methods show limited correlation with real levels of anthropogenic pollution and actual risk, particularly in rural areas. If and when test methods are developed, that accurately shows the real health risks or their absence, could significantly change the sea areas in which shellfish culture is carried out.
- Expanding national and international bivalve markets will certainly benefit the industry as a whole however certain markets may become unstable due to increasing imports and irregular wild landings. For example, although the imports of bivalves into the European Union are currently small they are steadily increasing. Large variations in the level of imports could be a destabilizing influence on prices. Better long-term forecasting will enable strategies to be developed to deal with the impacts of such trade flows. The very large production of molluscs in China is not currently exported due to the combination of high levels of domestic demand and an inability to satisfy international hygiene standards. However, if this situation were to change, then there is a degree of potential for market disruption, although there are many analysts who expect China to become a major importing nation (like other large economic regions (e.g. the United States of America, European Union and Japan).
- If the shellfish industry is to remain economically sustainable, it must respond to changes in demographics, the economic climate, cultural habits and supply logistics. As the maintenance and increase in production levels comes more and more from peripheral areas then there is an increase in demand for time-stable, value-added products. This is also driven by the increase in supermarket outlets, restaurant chains with de-skilled kitchens, one-person households and the general move away from traditional meals prepared from raw materials. The industry must recognize these changes and understand that this type of market can change demand rapidly and requires a constant supply of new products. This requires new skills and high levels of investment in processing equipment and premises. It may also drive changes in raw material requirements, i.e. size, shape, etc. New techniques of preservation and presentation can also change the market rapidly, e.g. modified atmosphere packaging presentations.

## RESEARCH PRIORITIES

*Space* – Shellfish aquaculture competes for space with many other users of the marine environment. If production is to be maintained then there must be no net loss of area. As some areas are taken out of production for various reasons, then new areas need to be brought into production. Research by industry and government bodies should aim to identify those areas and to provide assessment tools to help with the identification of suitable sites. This includes assessment of carrying capacity or assimilative capacity and identification of suitable methods and equipment, species and technology. Areas under research at present include offshore aquaculture and polyculture, both of which will make use of novel techniques and equipment, and have the potential to greatly increase the production capacity of the industry.

*Clean water* – This includes bacterial, viral, biotoxin and industrial contamination. The industry requires absence of all of these, or at least the ability to detect them with

a rapid, simple field test. Some biotoxin field tests have been developed and others are under development by commercial companies.

The relationship between the indicator species, *Escherichia coli*, numbers in the water, *E. coli* numbers in shellfish flesh, the presence of pathogenic viruses, and the degree of actual risk in consuming shellfish is neither linear nor indeed fully understood. Without this understanding the current method for classification of harvest areas using *E. coli* as an indicator remains deeply flawed. The simplistic use of *E. coli* numbers in shellfish flesh may unnecessarily burden the producer with purification costs, whilst not providing the consumer with an improvement in food safety. Research to identify alternatives to the current system is following a number of avenues. Reducing or eliminating discharges of sewage would be a far more sustainable approach to increasing food safety. Indeed, the more remote from anthropogenic impact a production area is located, the higher the level of *E. coli* “pollution”, due to the presence of wild animals (deer, seals, sea birds, etc.).

*Absence of disease* – Diseases of shellfish are relatively rare due to the fact that intertidal species have evolved in a challenging environment. Where diseases do occur, the effects are often exacerbated by stress factors such as temperature, oxygen depletion, or nutritional stress. Much of the research work on diseases has been on devising management strategies to reduce stress. Work has also been carried out on selecting disease resistant breeding lines. This has been carried out by commercial hatcheries and farms. Investigations at the genetic level are also being undertaken by academic institutions. Identification and detection of existing and previously unknown diseases is a statutory duty of the competent authority.

*New technology* – Development of new technologies may be driven by the need to farm in different environments, the need to reduce costs and labour, or may become possible because of new materials. Research of this nature is generally carried out by the farmer or the supplier of equipment, and often by both. Support for this type of research may also be made available by local or national Government. Examples of this type of work would include development of equipment and techniques for offshore installation, new methods of suspended oyster culture, and novel mussel growing systems such as ladder ropes.

*Markets* – Market research into customer preferences, buying trends, demographic changes, etc., are usually carried out by industry and by support governmental bodies (e.g. Seafish in the United Kingdom; Globefish network). This type of data, combined with results from research on the health benefits of shellfish consumption, can be used by industry in developing marketing strategies.

## FUTURE RESEARCH NEEDS

There is a wide spectrum of research topics that need to be addressed in the future if the industry is to expand, remain sustainable and financially viable.

One major area considered of great importance is research on biotoxins. The past fifteen years or so has seen an increase in detection of previously known and more novel toxins. Test methods and precautionary control measures have often been less than acceptable. A more rational and risk-based assessment needs now to be made of current and future needs. Test methods need to be further improved, preferably into rapid field tests. Permissible levels should also be re-examined and toxin removal methods studied further. In addition, early warning systems should be refined.

Collection of data on levels of nutrients, temperature, salinity, plankton abundance, organic matter, turbidity and growth rates should be continued and increased. This is

an area where industry can be of much assistance in the collection, but collating of the data should be a Government task. A long-time series of information would show any trends that could help with long-term production forecasting, business feasibility studies, site selection and market planning.

Although shellfish farming has been around for a long time, in terms of stock selection it is only just beginning. Most seed supplies, particularly of mussels, currently come from the wild but there are opportunities for hatchery production to select for certain characteristics such as growth rates, disease resistance, shell shape, salinity and temperature tolerance, meat content, age and time of sexual maturity. The ability to select for these characteristics may be particularly important if climate changes occur faster than the natural adaptation of wild stocks.

New species for aquaculture are under investigation by academic and commercial interests and this could be increased. Europe has relatively few species under cultivation compared with China and North America, but with the proper precautions and controls, this could be increased. Polyculture of shellfish with finfish, macroalgae and sea urchins have all been trialled in various places and are commonplace in many countries in the Far East.

Research into non-food uses for shellfish crops and wastes may provide new markets for the industry and enhance profitability for existing production. Many marine organisms contain bioactive compounds that could be useful to the food additive and pharmaceutical industries.



# Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en Chile

Iker Uriarte

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*CIEN Austral*

*Puerto Montt, Chile*

*E-mail: iuriarte@uach.cl*

**Uriarte, I.** 2008. Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en Chile. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO *Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 61–75.

## RESUMEN

El trabajo resume las principales especies de moluscos bivalvos cultivados en Chile, así como también el estado de desarrollo en que se encuentran, diferenciándolas en fases de desarrollo: a) experimental, b) transferencia tecnológica y c) industrial. Se discuten los factores que afectan su crecimiento en condiciones naturales y controladas, entre los que destacan: la calidad y cantidad de la dieta, la temperatura del agua, la densidad de los organismos, y la calidad del agua asociados al cultivo. Finalmente, se identifican los problemas que frenan la sustentabilidad de estos recursos en Chile, para lo cual se proponen desafíos y recomendaciones que pueden llevar a resolverlos.

## ABSTRACT

The paper summarizes the main species of bivalve molluscs cultured in Chile, as well as the state of development in which they find themselves, at distinct stages of development: a) pilot, b) technology transfer and c) commercial. It discusses the factors affecting their growth in natural and controlled conditions, including: quality and quantity of diet, water temperature, density of the organisms and water quality associated with the cultivation. Finally, problems that inhibit the sustainability of these resources in Chile are discussed and challenges and recommendations are proposed to tackle such.

## INTRODUCCIÓN

Esta revisión tiene como objetivo caracterizar el desarrollo que han alcanzado en la actualidad los cultivos de moluscos bivalvos en Chile, identificando las tendencias que han seguido los estudios científico-tecnológicos y destacando especies que han alcanzado mayor impacto económico y social. Se analizan las problemáticas que pueden frenar el desarrollo tanto de cultivos en fase industrial, como aquellos en fase experimental.

**La Acuicultura en Chile** – Chile es el país más largo del continente americano, ya que cuenta con 4 270 km, y el más estrecho, con un ancho promedio de 190 km entre cordillera y mar. Con una superficie de 756 626 km<sup>2</sup>. Con diversidad de ambientes,

desde desiertos hasta bosques lluviosos y canales de origen glaciar. La primera actividad productiva de importancia es la minería, con el 17 por ciento de las reservas de cobre en Chile, con ingresos por exportaciones de 58 116 millones de dólares EE.UU. (2006). La segunda actividad de importancia es la forestal, con exportaciones de 2 550 millones de dólares EE.UU. en el 2005. La pesca y acuicultura se ubica en tercer lugar, con retornos por 2 500 millones de dólares EE.UU. en el año 2005. Luego viene la actividad frutícola, con retornos de 1.650 millones de dólares EE.UU. Por lo señalado anteriormente, Chile es un país de 16 267 000 millones de habitantes (2005), principalmente exportador.

El sector acuícola, es el que ha tenido el mayor desarrollo en la economía chilena, ya que a partir del año 1990, presenta una tasa de incremento promedio anual en torno al 18,4 por ciento. El año 2006 cerró con más de 700 000 toneladas de producción, en más de 1 000 centros de cultivo, que generaron ingresos en exportaciones por 3 682 millones de dólares EE.UU., de los cuales 2 210 millones de dólares corresponden a salmónidos (60 por ciento), con 400 000 toneladas, ubicando a Chile entre los 10 países más importantes de la acuicultura mundial. Los moluscos le siguen en volumen, con 78 500 toneladas, lo que representó el 13,5 por ciento. Chile, es el tercer productor de ostiones de cultivo del mundo. Y si la producción de chorito (mejillón) continúa manteniendo la tendencia del 20 por ciento de crecimiento anual, en el año 2012, llegará a ocupar el segundo lugar en el mundo después de China, con sobre las 300 000 toneladas de producción por año.

### Diagnóstico del cultivo de moluscos bivalvos en Chile

Los primeros estudios en moluscos bivalvos en Chile, se iniciaron en el año 1960 con la ostricultura, en particular con el cultivo de la ostra chilena (*Ostrea chilensis*). Le siguió el desarrollo de la mitilicultura en el año 1961, con el cultivo de choritos (*Mytilus chilensis*), cholga (*Aulacomya ater*) y choro zapato (*Choromytilus chorus*), a cargo de la Universidad Austral de Chile y del Instituto de Fomento Pesquero, con el objetivo de determinar las condiciones para la captación de larvas provenientes del ambiente natural, y abastecer de semillas a centros de cultivos destinados a la engorda de estas especies. A continuación, se desarrolló la pectinicultura con el cultivo del ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), especie que fue primero explotada intensivamente desde banco natural a mediados de la década 40, luego le siguió el desarrollo científico-tecnológico de su cultivo en el año 1981, a cargo de la Universidad Católica del Norte y el Instituto de Fomento Pesquero, lo que permitió las primeras producciones comerciales a partir del año 1986 en las regiones III y IV. Este conjunto de especies son los que presentan la mayor tradición en el país, habiéndose consolidado actualmente su cultivo a nivel comercial.

### Investigación y Desarrollo: Financiamiento

En la última década en Chile, los fondos de investigación gubernamentales (FONTEC, INNOVA, FONDEF, FONDECYT, FDI, FNDR, FIP, FIA, CIMAR, PROFOS), han apoyado fuertemente la diversificación de especies acuícolas, ello ha llevado al desarrollo experimental de nuevas especies, fomentando que una vez superada y estandarizada su tecnología de cultivo, pasen a la fase de transferencia tecnológica, para a continuación escalar a la fase industrial. En los pectínidos y en particular, en la especie *Argopecten purpuratus*, es donde más se ha invertido en investigación y desarrollo (IyD, alcanzando el 31 por ciento del total del financiamiento asignado a los moluscos, lo que ha significado una inversión de más de cuatro mil millones de pesos (7 843 millones de dólares EE.UU.), de un total de 14 064 millones de pesos (27 000 millones de dólares EE.UU.) en proyectos de moluscos. Los mitílidos, han recibido el 11.9 por ciento de los recursos IyD en moluscos provenientes del estado, empresas y universidades (Bravo *et al.*, 2007).

## El desarrollo del cultivo de mitílidos a nivel comercial

En Chile, el cultivo de mitílidos se centra en 3 especies: el chorito o mejillón (*Mytilus chilensis*), el choro (*Choromytilus chorus*) y la cholga (*Aulacomya ater*). Las tres especies se encuentran en fase de desarrollo industrial, sin embargo, la primera de ellas, es la que está alcanzando mayor impacto comercial y social.

### Especies que se cultivan:

**I. Chorito (Mejillón)** – El chorito (*Mytilus chilensis* Hupe, 1854), se distribuye desde Callao (Perú) al Estrecho de Magallanes, y canal Beagle (Chile), extendiendo su área de dispersión hasta el sur de Brasil, incluyendo también las islas Malvinas (Figura 1). Su distribución batimétrica, va desde el sector rocoso del intermareal hasta los 10 mts de profundidad (Osorio, 1979).

**II. Cholga** – La cholga (*Aulacomya ater* Molina 1782), se distribuye por el Pacífico, desde Callao (Perú) hasta el Canal Beagle, islas Navarino e ista Picton (Chile), continuando hasta el norte por la costa Atlántica hasta el sur de Brasil. También se encuentra en la isla Juan Fernández y las Malvinas (Figura 2). Su distribución batimétrica, va desde el sector rocoso del intermareal hasta los 10 mts de profundidad (Osorio, 1979).

**III. Choro** – El choro (*Choromytilus chorus* Molina, 1782), se distribuye desde Ecuador al Estrecho de Magallanes, siguiendo hacia el norte por el Atlántico hasta Santa Cruz (Argentina) (Figura 3). Su distribución batimétrica, va desde el sector rocoso del intermareal hasta los 10 mts de profundidad (Osorio, 1979).

**Cultivo de chorito o mejillón (*M. chilensis*).** Durante el año 2005, se extrajeron 109 440 toneladas de moluscos, de las cuales 88 071 toneladas fueron de chorito (Sernapesca, 2005). Desde el año 2006, el 100 por ciento de la producción de choritos en Chile proviene de cultivo, mientras que hace 20 años cerca del 100 por ciento de la producción provenía de banco natural.

Aunque el cultivo de mitílidos en los últimos años ha alcanzado gran desarrollo con un aumento de la tasa de producción del 20 por ciento anual (Figura 4), su precio por tonelada exportada ha ido disminuyendo. Este recurso es procesado principalmente en cuatro líneas de elaboración, de las cuales destaca el congelado y la conserva, con muy bajas cantidades destinadas a cocido o fresco-refrigerado, debido a que la mayor parte de la producción es exportada. Los países de destino en el año 2006 fueron 37: España (27,3 por

FIGURA 1  
Chorito (mejillón) (*Mytilus chilensis*,  
Hupe 1854)

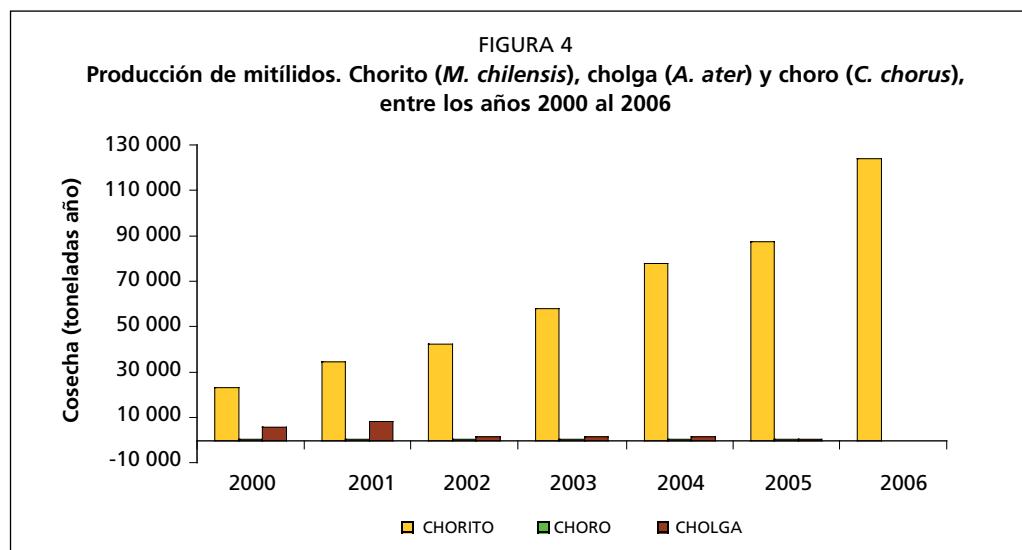


FIGURA 2  
Cholga (*Aulacomya ater*, Molina 1782)



FIGURA 3  
Choro (*Choromytilus chorus*, Molina 1782)





ciento), Portugal (22,3 por ciento), Italia (16,5 por ciento), Argentina (13,9 por ciento), Estados Unidos de América (6,6 por ciento), y otros (13,4 por ciento). El precio en el 2006 fue de 5,6 dólares/FOB EE.UU.

### Investigación y desarrollo en choritos

El chorito (*M. chilensis*), que se perfila en función de los niveles de producción alcanzado en los últimos años, como un potencial recurso de gran impacto económico, requiere urgentemente, para asegurar su sustentabilidad, mayores estudios en impacto ambiental, comportamiento y deriva larvaria, y selección de familias con características apropiadas a la producción y demandas de los mercados nacional e internacionales.

**Producción de semilla de mitílidos por captación natural.** Actualmente, la mitilicultura en Chile, se desarrolla a partir de la oferta ambiental de semillas en las denominadas zonas de captación natural, los cuales corresponden a sectores durante los meses de verano-otoño, en que existe una elevada cantidad de larvas en la columna de agua, que pasado un periodo de 20 a 25 días (según temperatura y disponibilidad de alimento), alcanzan la etapa de larva competente o próxima al asentamiento sobre un sustrato. El momento apropiado de la puesta de los colectores, se establece una vez detectada una cantidad superior a 50 larvas  $\text{l}^{-1}$ , que son cuelgas, principalmente de malla anchovetera en desuso, suspendidas desde estructuras flotantes, como long-lines. En los colectores suspendidos, se fijan las larvas competentes o próximas a la metamorfosis, y se mantienen hasta que alcanzan el tamaño de semilla de 1 a 3 cm de longitud. Posteriormente, para permitir su crecimiento, se ralean desprendiéndolas de la cuelga y colocándolas en mangas de algodón, en cuyo interior existe un sustrato de fijación. Esta técnica puede variar acorde



a si la empresa es del tipo artesanal o industrial (Figura 5). Luego de 10 días en el mar, la manga se disuelve y las semillas quedan adheridas al colector. Las semillas se convierten en juveniles hasta alcanzar la talla comercial, lo que puede variar entre los 10 a los 18 meses, a partir de una semilla de 1–2 cm de longitud, según la época del año.

**Producción de semilla por criadero (Hatchery).** En la etapa de captación de semillas, el principal problema que arriesga la sustenibilidad del cultivo es la alta variabilidad de las captaciones naturales de un año a otro, y la falta de información que permita tomar decisiones respecto de la puesta de colectores en los momentos apropiados. Esta variabilidad genera inestabilidad a los cultivadores y a las empresas que procesan el producto, por eventual escasez o falta de materia prima. La producción de *M. chilensis* en hatchery no presenta problemas de factibilidad técnica (Uriarte *et al.*, 2004; Toro *et al.*, 2004). Diversas instituciones de investigación y privados en el mundo, han adoptado la iniciativa de producir semilla en criadero (hatchery), incluso a niveles industriales, como ocurre con la especie *Mytilus galloprovincialis*, en la empresa Penn Cove Shellfish, LLC (Washington, EE.UU.). La producción de semilla seleccionada de criadero debiera permitir, por un lado, adelantar la época y frecuencias de producción, aportando semilla para llevarla a engorda a comienzos de la estación natural de la zona, y por otro lado, ampliar el período de la cosecha, lo que redundaría en el mejor aprovechamiento de las plantas de proceso multiespecíficas que operan en la zona. Las principales características y recomendaciones sugeridas para desarrollar la producción de semillas en condiciones controladas, se encuentran documentadas en Uriarte *et al.*, (2004). En España (López, 1992), Nueva Zelanda (Jenkins, 1979) y Estados Unidos (Jeffords, 2005), la producción de semillas se encuentra en fase de desarrollado experimental, piloto e industrial, respectivamente.

### El desarrollo del cultivo de pectínidos a nivel comercial

En Chile, el cultivo de los pectínidos a nivel comercial solo se centra en una especie: el ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*). Esta especie se encuentra en fase de desarrollo industrial.

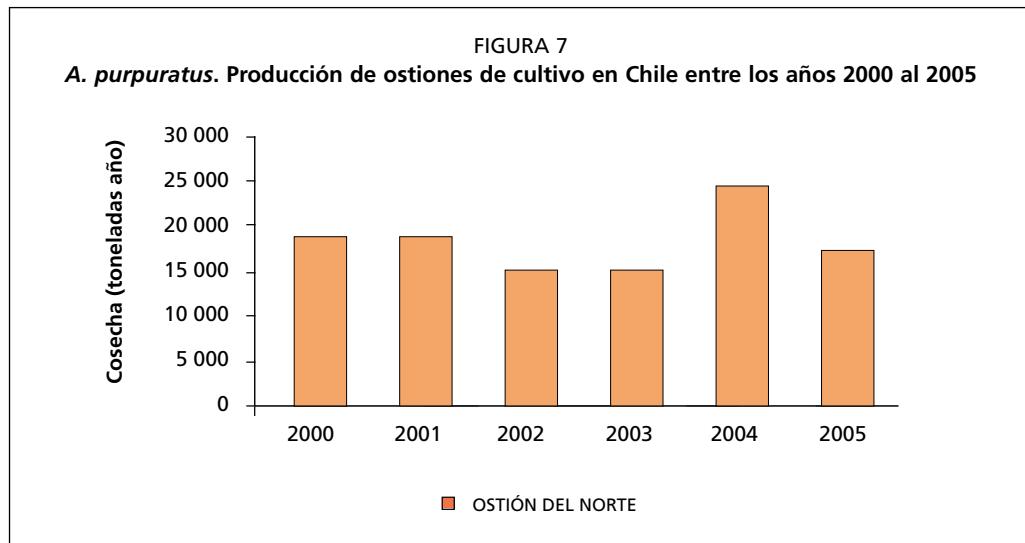
#### Especies que se cultivan:

- I. **Ostión del Norte** – El ostión del Norte (*Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819), se distribuye en la costa del Pacífico desde Panamá hasta Chiloé (Chile) (Figura 6). Su distribución batimétrica va desde 1 a 40 metros de profundidad (Osorio y Bahamonde, 1968).

**Cultivo de ostión del Norte o vieira (*A. purpuratus*)** – En el año 1982, comienzan a desarrollarse los primeros cultivos comerciales de ostión del norte (*A. purpuratus*) en el país. El acceso a nuevas áreas de cultivo a mediados de la década de los 80, producto de una veda indefinida para esta especie en el año 1986, permitió una expansión de la actividad, la cual tuvo su auge a partir de los 90 y hasta la actualidad, alcanzando precios superiores a los 10 dólares EE.UU./kg, convirtiendo a Chile en el tercer productor mundial de ostiones después de

FIGURA 6  
Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*, Lamarck 1819)





China y Japón. Las regiones en Chile con las mayores producciones de cultivo, son la II, la III y la IV. Mientras que en el Sur de Chile, en la región X (Región de los Lagos), luego de introducirse la especie a mediados de la década de los 80, ha contado solo con producciones ocasionales (Uriarte *et al.*, 2001, 2004). Aunque la factibilidad del cultivo de esta especie en el sur de Chile ha sido demostrada, la especie se encuentra en rangos extremos de alimentación, temperatura y salinidad que afectan la sobrevivencia y el crecimiento (Navarro y González, 1998; López *et al.*, 2004; Farías y Uriarte, 2001) y generan un alto riesgo comercial.

La producción de ostión del Norte, ha mostrado un importante crecimiento durante los últimos años, al pasar de 1182 toneladas en 1990, con ingresos de 1 millón de dólares (\$EE.UU.) por exportación, a 24 577 toneladas en el año 2004, con ingresos por sobre 25 millones de dólares. En el año 2005, se produjo una disminución de 5 000 toneladas respecto del año anterior (Figura 7). El producto se vende como congelado (99 por ciento), fresco refrigerado (1 por ciento), con y sin coral (gónada). Los mercados de destino en el 2006 fueron: Francia (94 por ciento), Holanda (2 por ciento), Bélgica (1 por ciento), Reino Unido (1 por ciento) y otros (2 por ciento).

**Investigación y desarrollo en pectinídos** – Al importante desarrollo de la pectinicultura en Chile, han contribuido en forma significativa autores como Akaboshi e Illanes, (1982), e Illanes *et al.* (1985), entre otros, de la Universidad Católica del Norte (UCN), como también diferentes autores del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y de la Universidad Austral de Chile (UACh). En esta especie (*A. purpuratus*) es donde más proyectos IyD se han financiado, principalmente en las temáticas de cultivo y producción, genética y reproducción. Sin embargo, son escasos los proyectos en economía y mercado, medio ambiente y producción limpia, entre otros (Bravo *et al.*, 2007).

**Producción controlada de semillas del ostión del norte (Hatchery)** – La obtención controlada de semillas del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) vía criadero está bien documentada por Uriarte *et al.* (2001) y por Von Brand *et al.* (2006), destacándose algunas fases críticas (Figuras 8 y 9).

**Selección y acondicionamiento de los reproductores** – El cultivo del ostión del Norte comienza con la selección de los reproductores provenientes del medio natural, los que se acondicionan hasta conseguir la maduración gonadal, que demora entre 2 a 5 semanas, dependiendo de las condiciones de temperatura y alimento que se mantengan (Farías *et al.*, 1997; Hernández *et al.*, 2000).

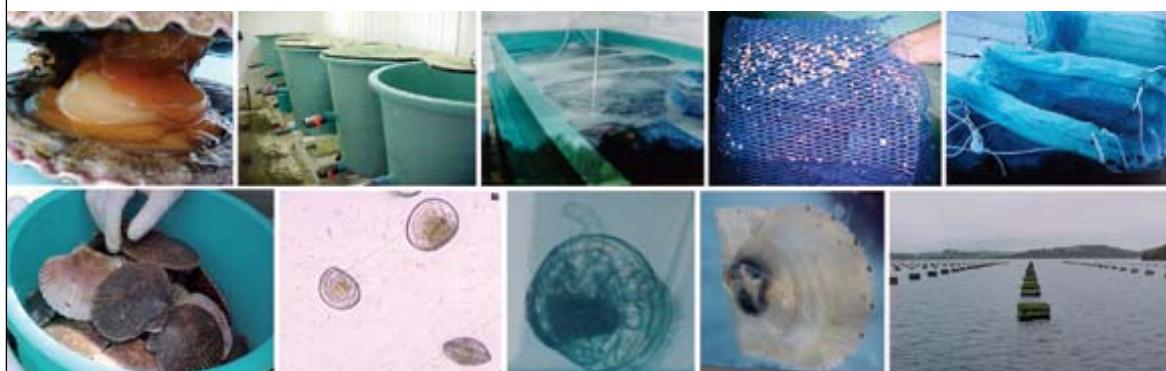
FIGURA 8

*A. purpuratus*. Producción de semillas. Sistema de engorda en longline y procesamiento del ostión del norte



FIGURA 9

*A. purpuratus*. Semilla producida en criadero en el sur de Chile. Sistemas de cultivo en estanques tronocónicos para la incubación y cultivo de larvas, y estanques rectangulares de fondo plano para el cultivo de postlarvas



**Inducción al desove y fertilización** – En *A. purpuratus*, el estímulo que más se aplica es el aumento gradual de la temperatura en 5 °C por sobre la temperatura de acondicionamiento. Los óvulos son fertilizados por adición de espermatozoides en una proporción de 1:10 (óvulo: espermatozoides). La fecundidad de los reproductores, el diámetro de los huevos y el tamaño de las larvas pediveliger de *A. purpuratus*, son afectados por el origen de los reproductores (Uriarte *et al.*, 1996b).

**Incubación y cultivo larvario** – Después del desove, el corpúsculo polar se hace visible en los huevos esféricos. A las 12 horas, aparece la larva trocófora, a las 48 horas, se obtiene la larva veliger, con forma de “D” característica, con desarrollo completo de su sistema digestivo. A partir de esta etapa, la larva está capacitada para alimentarse por sí misma, terminando el período larvario como larva pediveliger o larva con “ojo”. En esta etapa, para obtener una alta supervivencia, crecimiento y fijación, además de una rigurosa limpieza y asepsia, se requiere controlar: temperatura del agua, cantidad y calidad del alimento, salinidad, pH y densidad de las larvas en el cultivo. La densidad de las larvas debe ser regulada a medida que avanza su desarrollo, iniciándose con densidades de 5 a 8 larvas D ml<sup>-1</sup> hasta llegar al final de la etapa larvaria premetamorfica, con densidades de 1 a 2 larvas ml<sup>-1</sup>.

**Agentes patógenos** – De acuerdo con Araya *et al.* (1999), una de las mayores problemáticas en el cultivo de pectínidos son las altas mortalidades de larvas y postlarvas, atribuidas principalmente a infección por bacterias, en particular del género *Vibrio*. No obstante, si bien una buena filtración y una estricta limpieza son indispensables, no siempre resultan suficientes, y aparecen bacterias en los cultivos procedentes del alimento (microalgas, emulsiones, etc.), y del manejo, lo que hace necesario recurrir a los antibióticos. El antibiótico más utilizado en pectínidos es el cloranfenicol a concentraciones entre 0.25 a 8 mg l<sup>-1</sup>, que tiene un amplio espectro y alta estabilidad en el agua de mar (Román y Perez, 1976; Le Pennec y Prieur, 1977) y aumenta significativamente la sobrevivencia larvaria y la sobrevivencia postmetamorfosis de *A. purpuratus* (Uriarte *et al.*, 2001). Araya *et al.* (1999), han aislado probióticos (bacterias benéficas) con el objeto de utilizarlas como alternativa a los antibióticos utilizados en los criaderos de bivalvos.

**Fijación y metamorfosis** – Las larvas de pectínidos se fijan cuando alcanzan un tamaño de entre 220 y 250 µm, para ello «buscan» un substrato adecuado el que reconocen y recorren reptando, durante la fase de pediveliger, a continuación ocurre la metamorfosis, en la cual la larva se transforma en una postlarva iniciando su vida bentónica. La fijación como etapa previa a la metamorfosis, produce una disminución de la materia orgánica de la larva, principalmente de las proteínas y los lípidos (Farías *et al.*, 1998), la desaparición del velo y la disminución de la tasa de filtración del alimento (Abarca y Castilla, 1997).

**Cultivo postlarvario** – Las postlarvas de pectínidos se fijan sobre substratos o mallas, siendo las más comunes las mangas de “Netlon”. Durante aproximadamente 45 días las postlarvas fijadas al substrato se continúan alimentando con dietas microalgaes mixtas de *Isochrysis aff galbana* (clon T-Iso) y *Chaetoceros neogracile*, a una densidad microalgal de entre 80 y 100 cél µl<sup>-1</sup> (Uriarte y Farías, 1995), hacia el final de la etapa, a los 2 mm, las concentraciones algales pueden alcanzar hasta las 200 cél µl<sup>-1</sup> a densidades promedios finales de 2 postlarvas<sup>-1</sup> (Uriarte *et al.*, 1996a, b). El mayor costo que tiene el cultivo postlarvario que demora hasta 8 semanas, lo constituye el alimento, lo que se traduce muchas veces en una disminución de las tasas de crecimiento por limitación en la cantidad o en la calidad del alimento (Uriarte y Farías, 1995, 1999). Por ello, tanto la eficiencia de la producción microalgal como la búsqueda de sustitutos de las microalgas, son áreas de investigación de alto interés en la fase postlarvaria. La alimentación durante esta fase está constituida por las microalgas *Isochrysis aff galbana* (clon T-Iso) y *Chaetoceros neogracile*. La dieta microalgal puede o no estar enriquecida, complementada o suplementada con dietas inertes (Uriarte *et al.*, 1993). Uriarte y Farías (1995), utilizando una mezcla con alto contenido en proteína de T-Iso y *C. neogracile* acortaron el periodo de cultivo postlarvario de *A. purpuratus* en 15 días, para alcanzar el tamaño de presemilla de 2 a 3 mm, previo a su traslado al mar.

**Transporte de semillas a los sistemas de cultivo en el mar** – El traslado de semillas al lugar de engorde en el mar, es otra de las etapas críticas del cultivo de pectínidos, en donde se reportan grandes mortalidades (Bourne y Hodgson, 1991). Las semillas se pueden trasladar del criadero cuando aún son muy pequeñas (<1.0 mm) y difíciles de manipular, para bajar los costos de mantenimiento y producción de microalgas. Ello requiere que las semillas sean transportadas al mar en el mismo sustrato de fijación o colectores, dentro de contenedores con agua de mar y aireación. Una vez en el sitio de cultivo, los colectores son suspendidos en las líneas de cultivo.

## El desarrollo del cultivo de ostreidos a nivel comercial

En Chile, el cultivo de las ostras se centra en dos especies: la ostra chilena (*Ostrea chilensis*) y la ostra Japonesa o del Pacífico (*Crassostrea gigas*). Las dos especies se encuentran en fase de desarrollo industrial.

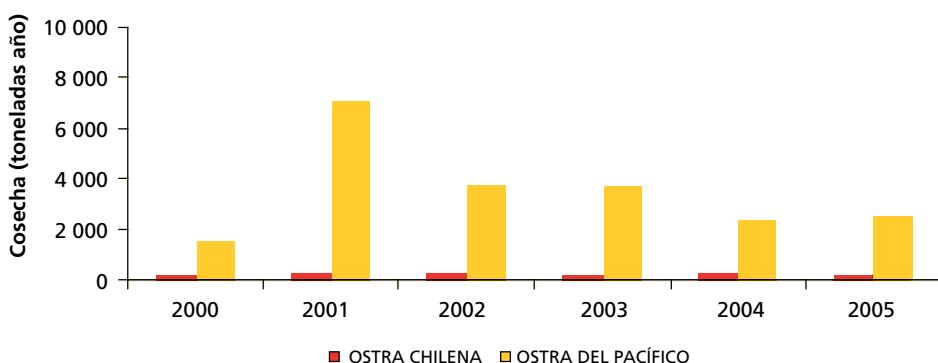
### Especies que se cultivan:

- I. **Ostra chilena** – La ostra chilena (*O. chilensis*, Philippi 1845), se distribuye entre Iquique y el estrecho de Magallanes, incluye también la costa Atlántica de Argentina, llegando hasta el norte de Brasil (Figura 10). Su distribución batimétrica va desde el intermareal hasta los 8 m de profundidad, adherida en fondos rocosos o fangosos duros (Osorio, 1979).



FIGURA 10

*O. chilensis* y *C. gigas*. Producción de ostras de cultivo, ostra chilena y ostra del Pacífico, entre los años 2000 al 2005



- II. **Ostra del Pacífico** – La ostra del Pacífico (*C. gigas*), es originaria de las costas de Japón, Corea y China (Figura 12). En Chile es una especie exótica, introducida en el año 1978.

### Cultivo de ostra chilena (*O. chilensis*)

La explotación de la ostra chilena se registra desde comienzos del siglo en el Golfo de Quetalmahue (X región). Esta especie presenta fertilización interna de sus huevos con un período de incubación que se prolonga por 6 a 9 semanas, lo que impide realizar cruzamientos controlados. La producción de ostra chilena en los últimos seis años se ha mantenido en niveles bajos de producción, que se destina al mercado nacional como producto vivo.

**Investigación y desarrollo en ostra chilena.** En la mayor parte de las áreas IyD se observa escasa inversión en esta especie, a pesar de que su cultivo se ha visto restringido por la falta de juveniles.



FIGURA 12  
*Ostra del Pacífico (Crassostrea gigas, Thunberg 1793)*

Otro de los problemas más serios de esta especie es su baja tasa de crecimiento con relación a otros moluscos bivalvos en la región sur-austral de Chile. La talla comercial de 50 mm, se alcanza después de los 3 años en cultivo suspendido (Winter *et al.*, 1984). La ostricultura en Chile no ha utilizado los beneficios del mejoramiento genético de la especie a través de programas de cruzamiento, debido a que tradicionalmente no se realiza reproducción artificial para la obtención de semillas, (Guíñez, 1988).

**Cultivo de la ostra del Pacífico (*C. gigas*)** – La historia de cultivo de esta especie supera los 350 años en Japón y fue introducida en todos los continentes debido a su gran capacidad de adaptación a las diferentes condiciones del medio. Esta especie es resistente a los cambios de temperatura, salinidad y pH, lo que la hace muy manejable en cualquier sistema de cultivo. Los principales países que realizan su cultivo son Canadá, China, Corea, Estados Unidos, Alaska, Hawaii, Tahití, Islas Palau, Australia, Nueva Zelanda, Francia, Inglaterra, Sudáfrica y Chile. En 1980 Chile produjo la primera cosecha de 80 toneladas produciéndose cerca de las 2 000 toneladas por año en la actualidad (Figura 11).

El cultivo de esta especie es similar a la del ostión del norte. Las diferencias están en las temperaturas de acondicionamiento y cultivo larvario y post larvario, que en esta especie se realiza a 25 °C. La tecnología tanto de producción en cultivo controlado, como el traslado de larvas con ojo para fijación remota en centros de cultivo para su posterior engorda es bien conocida a nivel global. El cultivo de la ostra del Pacífico en Chile se orienta a la exportación de productos congelados y fresco-refrigerados. Los principales mercados de destino de esta especie son Japón, Taiwán Provincia de China, China y Singapur.

### Cultivo de bivalvos autóctonos a nivel experimental o piloto

En Chile, existen otras especies de moluscos bivalvos, que se encuentran en fase de cultivo experimental, y cuya producción, en la actualidad, está basada en la extracción de bancos naturales. Es el caso de las almejas, que comprenden 9 especies, dentro de las cuales *Venus antiqua*, *Gari solida* y *Mulinia edulis*, se encuentran entre las especies más importantes para cultivo, mientras que otras especies como *Protothaca taca*, *Eurhomalea exalbida*, *Semele solida*, *E. rufa*, *E. lenticularis* y *Tawera gavi*, no cuentan aún con experiencias de cultivo o éstas son muy incipientes. En el caso de los pectínidos, que se encuentran en fase de desarrollo experimental, están: el ostión patagónico (*Zygochlamys patagonica*) y el ostión el sur (*Chlamys vitrea*). Entre los Mesodemacidos, se encuentra la macha (*Mesodesma donacium*) con desarrollo de cultivo en fase experimental, y entre los Solénidos, se encuentra la navaja (*Ensis macha*), también en fase de desarrollado a nivel experimental. Las principales etapas críticas que enfrenta el cultivo de estas especies en ambiente controlado, se encuentran en el control de los acondicionamientos reproductivos y en la producción de larvas y postlarvas. Los problemas más comunes en estas etapas, han sido de baja efectividad en la maduración gonadal, contaminación del cultivo larvario, bajos porcentajes de metamorfosis y escasa obtención de individuos juveniles para la engorda, sin embargo, en la mayoría de estas especies se ha conseguido cerrar el ciclo de vida.

Las especies en cultivo experimental son:

- **Almeja** – La almeja (*Venus antiqua*, King 1831), se distribuye desde Callao en Perú hasta el estrecho de Magallanes, siguiendo hacia el norte por la costa Atlántica hasta los 34° Latitud Sur (Osorio, 1979) (Figura 13). Actualmente, esta especie se encuentra en fase de transferencia tecnológica (Olavarria *et al.*, 1966; Uriarte *et al.*, 2002).
- **Culengue** – El culengue (*Gari solida*, Gray 1828), se distribuye desde Talara (Perú) hasta el Archipiélago de los Chonos (Chile), extendiéndose hacia la costa

atlántica hasta los 38° Latitud Sur (Osorio, 1979) (Figura 14). Actualmente, esta especie se encuentra en fase de cultivo experimental (Olavarria *et al.*, 1966; Uriarte *et al.*, 2002).

- **Ostión Patagónico** – El ostión Patagónico (*Chlamys Patagonica*, King y Broderip 1831), se distribuye desde Puerto Montt a Tierra del Fuego (Chile), y por el Atlántico hasta Santa Cruz, Chubut en Argentina e islas Malvinas (Osorio, 1979) (Figura 15). Actualmente, esta especie se encuentra en fase de cultivo experimental (Valladares y Stotz, 1996).
- **Ostión del sur** – La especie ostión del sur (*Chlamys vitrea*), se distribuye exclusivamente en los canales de la provincia de Magallanes, desde el Canal Messier (48° S) hasta la cuenca sur del Cabo de Hornos (55° S) (Waloszek, 1984) (Figura 16). Actualmente, esta especie se encuentra en fase de cultivo experimental.
- **Macha** – La macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck 1818) se distribuye desde bahía Sechura (Perú) hasta el río Inio en el extremo sur de la isla de Chiloé (Chile) (Figura 17). Por la costa Atlántica alcanza, hacia el norte, hasta San Matías en Argentina (Osorio, 1979). Los ejemplares viven enterrados en zonas de arenas gruesas, a una profundidad de 13 m. Actualmente, esta especie se encuentra en fase de cultivo experimental.
- **Navaja** – La navaja (*Ensis macha*, Molina 1782), se distribuye desde Caldera hasta Magallanes, alcanzando por la costa Atlántica, el Golfo de San Matías, Argentina (Osorio, 1979) (Figura 18). Se ubica desde el submareal somero, hasta profundidades cercanas a los 20 m, formando agregaciones o bancos. Actualmente, esta especie se encuentra en fase de cultivo experimental.

## CONCLUSIONES

En Chile se puede lograr la sustentabilidad del cultivo de moluscos bivalvos, que se encuentran en fase de desarrollo industrial, como también su escalamiento de aquellos en fase de desarrollo piloto y experimental, siempre y cuando:

- 1) se aumenten los fondos para Investigación y Desarrollo en áreas deficitarias de conocimientos científicos y tecnológicos, tomando en cuenta la escasa investigación básica que existe sobre diferentes especies autóctonas, de acuerdo con un reciente estudio sobre el “Diagnóstico de la Proyección de la Investigación en Chile” Proyecto FIP 2005-24 (Bravo *et al.*, 2007);

FIGURA 13  
Almeja común (*Venus antiqua*, King y Broderip 1835)



FIGURA 14  
Culengue (*Gari solida*, Gray 1828)



FIGURA 15  
Ostión patagónico (*Chlamys patagonica*, King y Broderip 1832)



FIGURA 16

Ostión del sur (*Chlamys vitrea*, King y Broderip 1832)



FIGURA 17

Macha (*Mesodesma donacium*, Lamarck 1818)



FIGURA 18

Navaja (*Ensis macha*, Molina 1782)



- 2) se fortalezcan y modernicen los sistemas y tecnologías de cultivo para alcanzar un desarrollo productivo sustentable;
- 3) se consolide el “Cluster del Chorito Austral” y se mejore la asociatividad vertical y horizontal de las empresas;
- 4) se fomente la caracterización y trazabilidad de los moluscos bivalvos autóctonos con “denominación de origen” a través de la aplicación de herramientas biotecnológicas modernas;
- 5) se financien programas de monitoreo continuo en zonas de actividad acuícola de moluscos filtradores para el manejo apropiado de los cultivos frente a los eventos de marea roja, bacterias y virus que afectan la salud humana
- 6) se vigilan y controlen los emisarios industriales, sanitarios, urbanos y de otro tipo de cultivos de forma de proteger, con respeto mutuo, a usuarios y actividades desarrolladas en aguas del borde costero.
- 7) se protejan legalmente los semilleros naturales para todas las especies autóctonas de moluscos bivalvos, tanto comerciales como potenciales, asegurando el manejo y repoblamiento de los bancos sobreexplotados, lo que es crítico en bivalvos infaunales o enterradores;
- 8) se diversifique la producción acuícola de especies nativas, permitiendo disminuir la presión pesquera sobre algunas especies en riesgo de sobreexplotación;
- 9) se apliquen programas de selección genética de largo plazo para producir semilla de criadero seleccionada;
- 10) se integre el país a las redes de Cooperación Regional y Global, entre cuyos objetivos destaque la propuesta de estándares internacionales de sustentabilidad de cultivos bivalvos en América Latina.

**Si estas consideraciones son tomadas en cuenta las proyecciones son:**

- 1) Alto impacto de la IyDyI para mejorar el rendimiento en las diferentes etapas del cultivo, asegurar la inocuidad para el ambiente y satisfacer los parámetros de seguridad alimentaria;
- 2) Concentración de la producción e integración vertical de las empresas (captación natural, cultivo, procesamiento y comercialización).

**Sin embargo existen amenazas a la sustentabilidad, enfocadas principalmente en:**

- 1) Contaminación con metales pesados y otros desechos industriales, sanitarios y urbanos;
- 2) Aumento de eventos de marea roja;
- 3) Exclusiva dependencia de semilla del medio natural;
- 4) Contaminación con nuevos virus y bacterias que afectan la salud humana.

**Por lo tanto los desafíos para la sustentabilidad son:**

- 1) Producir bivalvos de alta calidad para la nutrición y la salud humana;
- 2) Ofrecer un producto de la más alta calidad sanitaria;
- 3) Asegurar la protección del medio ambiente en las prácticas productivas;
- 5) Aplicar biotecnología y tecnologías de punta para la trazabilidad de la producción;
- 6) Fomentar el empleo digno y contribuir significativamente al bienestar de la población y la sociedad en general.

Si los desafíos se asumen con responsabilidad, las oportunidades que tienen hoy los cultivos de moluscos bivalvos en Chile como producto alimentario de alto valor nutritivo, podrán ser significativamente aprovechadas, estas oportunidades son:

- 1) la demanda mundial por alimentos de origen marino creciendo al 10 por ciento anual;
- 2) las aguas de calidad pristina del sur de Chile, incluso en las zonas de gran actividad acuícola;
- 3) la voluntad política para que Chile se convierta en una potencia alimentaria a nivel internacional.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Abarca, A. y Castilla, J.C. 1997. Chemical induction of settlement and metamorphosis in *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) larvae. pp 105–106. 11th International Pectinid Workshop, La Paz, B.C.S. México.
- Akaboshi, S. y Illanes, J.E. 1982. Desarrollo larvario del ostión del norte, *Chlamys (Argopecten) purpuratus*. Etapa precultivo. *Informe Final Universidad del Norte*, 39 pp.
- Araya, R., Jorquera, M. y Riquelme, C. 1999. Asociación de bacterias al ciclo de vida de *Argopecten purpuratus*. *Revista Chilena de Historia Natural*, 72: 261–271.
- Bourne, N. y Hodgson, C.A. 1991. Development of a viable nursery system for scallop culture. In: S.E. Shumway and P.A. Sandifer (eds). *An International Compendium of Scallop Biology and Aquaculture*. World Aquaculture Society, p. 273–280, USA.
- Bravo, S., Silva, M.T. y Lagos, L. 2007. Diagnóstico de la Proyección de la Investigación En Ciencia Tecnología de la Acuicultura Chilena. Proyecto FIP 2005–24. 265 pp.
- Farías, A. y Uriarte, I. 2001. Effect of microalgae protein on the gonad development and physiological parameters for the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *J. Shellfish Res.*, (20): 97–105.
- Farías, A., Uriarte I. y Varas, P. 1997. Estudio de los requerimientos nutricionales de ostión del norte *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) durante el acondicionamiento reproductivo. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, Valparaíso, 32: 127–136.

- Farías, A., Uriarte, I. y Castilla, J.C.** 1998. A biochemical study of the larval and postlarval stages of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus*. *Aquaculture*, 166: 37–47.
- González, M.L., López, D.A., Pérez, M.C. y Castro, J.M.** 2004. Effect of temperature on the scope for growth in juvenile scallops *Argopecten purpuratus* (Lamark, 1819). *Aquaculture International*, (10): 339–348.
- Guíñez, R.** 1988. Mejoramiento genético en recursos marinos: situación actual y perspectivas. *Investigación Pesquera* (Chile). 35: 113–121.
- Hernández, J., Uriarte, I. y Farías, A.** 2000. Estudio de las progenies de ostión del norte (*Argopecten purpuratus*) y la ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*), en reproductores acondicionados con distintas calidades de dieta. En: *Memorias del XX Congreso de Ciencias de Mar. Universidad Católica de la Santísima Concepción. Campus San Andrés, Concepción. 23–26 de Mayo*, 2000.
- Illanes, J.E., Akaboshi, S. y Uribe, E.T.** 1985. Efectos de la temperatura en la reproducción del ostión del Norte *Argopecten purpuratus* en la bahía de Tongoy durante el fenómeno El Niño 1982-83. *Invest. Pesq.* (Chile). 32: 167–173.
- Jeffers, I.W.** 2005. Advances in seed and culture technology. 2<sup>nd</sup> International Shellfish Forum 3-5 July. St New Foulard, Canada. pp 1–45.
- Jenkins, R.** 1979. Mussel cultivation in the Marlborough sounds (New Zealand). 1–75.
- Le Pennec, M. y Prieur, D.** 1977. Les antibiotiques dans les élevages de larves de bivalves marins. *Aquaculture*, 12: 15–30.
- López, M.I.** 1983. *El cultivo de Ostrea chilensis en la zona central y sur de Chile. Memorias Asociación Latinoamericana de acuicultura*, 5: 117–127.
- López, H.** 1992. Cultivo intensivo de larvas de mejillón gallego (*Mytilus galloprovincialis*) con distintas dietas microalgales. AGF92-0736. Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Plan Nacional I+D, Madrid. Proyecto de Investigación.
- Navarro, J.M. y González, C.M.** 1998. Physiological responses of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* to decreasing salinities. *Aquaculture*, (167): 315–327.
- Olavarriá, E., Farías, A. y Uriarte, I.** 1996. Larval and postlarval morphometry and growth rates of the bivalves *Venus antiqua* (King & Broderip, 1835) and *Gari solida* (Gray 1828) reared in the laboratory. *Rev. Biol. Mar., Valaparaíso*, 31: 197–116.
- Osorio, C.** 1979. Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Biol. Pesq. Chile*, (11): 3–47.
- Osorio, C. y Bahamonde, N.** 1968. Moluscos Bivalvos en pesquerías chilenas. *Biología Pesquera, Chile*, 3: 69–128.
- Román, G. y Pérez, A.** 1976. Cultivo de larvas de vieira *Pecten maximus* (Linneaeus), en laboratorio. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 233: 1–17.
- SERNAPESCA.** 2005. Anuario Estadístico de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Servicio Nacional de Pesca. Ministerio de Economía y Fomento y Reconstrucción. Sistemas de Información y Estadísticas Pesqueras. Gobierno de Chile. 134 pp.
- Toro, J.E., Alcapán, A., Ojeda, J. y Vergara, A.** 2004. Respuesta a la Selección Genética para Crecimiento en Juveniles de *Ostrea chilensis*, Phillipi (Bivalvia: Ostreidae), Mantenidos en Condiciones de Laboratorio. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 39: 53–59.
- Uriarte, I.** 2004. Desarrollo científico-tecnológico de especies no salmonídeas en Chile. *Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rias Galegas*. Illa de A Toxa (O Grove), 7 e 8 de outubro do 2004, pp 279–293.
- Uriarte, I. y Farías, A.** 1995. Effect of broodstock origin and postlarval diet on postlarval growth and physiological performance of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus*. pp. 69–72. En: P. Lavens, E. Jaspers & I. Roelants (eds.). *Larvi'95 Fish & Shellfish Larviculture Symposium. European Aquaculture Society, Special Publications N° 24*, Gent, Belgium.
- Uriarte, I. y Farías, A.** 1999. The effect of dietary protein content on growth and biochemical composition of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (L.) postlarvae and spat. *Aquaculture*, 180: 119–127.

- Uriarte, I., Farías, A., Hawkins, A.J. y Bayne, B.L.** 1993. Cell characteristic and biochemical composition of *Dunaliella primolecta* Butcher conditioned at different concentrations of dissolved nitrogen. *Journal of Applied Phycology*, 5: 447–453.
- Uriarte, I., Farías, A. y Muñoz, C.** 1996a. Growth and condition index of *Argopecten purpuratus* (Lamarck) in the South of Chile. Improvement of Commercial Marine Aquaculture Species. En: G.Gajardo & P. Coutteau (eds). *Proceedings of a workshop on Fish and Mollusc Larviculture*. pp. 135–143. Impresora Creces, Santiago, Chile.
- Uriarte, I., Farías, A. y Muñoz, C.** 1996b. Cultivo en hatchery y preengorde del ostión del norte, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), en el sur de Chile. *Rev.Biol. Mar. Valparaíso*, 31(2): 81–90.
- Uriarte, I., Farías, A. y Castilla, J.C.** 2001. Effect of antibiotic treatment during larval development of the Chilean scallop (*Argopecten purpuratus*). *Aquaculture Engineering*, 25: 139–147.
- Uriarte, I., Gilherme, R. y Abarca, A.** 2001. Producción de juveniles de Pectínidos. En: Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura Pectínidos: A.N. Maeda-Martínez (ed.) Cap. 5: 147–171.
- Uriarte, I., Farías, A. y Olavaría, E.** 2002. The controlled culture of sweet clam *Gari solida* (Gray, 1828). V Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas. Illa de Toxa (O Grove), 10–11 de outubre do 2002. 229–231.
- Valladares, C. y Stotz, W.** 1996. Crecimiento de *Chlamys patagonica* (Bivalvia: Pectinidae en dos localidades de la region de Magallanes. *Rev Chile. Historia Natural*. 69:321–338.
- Von Brand, E., Merino, G., Abarca, A. y Stotz, W.** 2006. Scallop Fishery and Aquaculture in Chile. En: *Scallop – Biology, Ecology and Aquaculture*. S.E. Shumway and G.J. Parsons (eds.) Elsevier. Chapter, 27: 1203–1314.
- Walloszek, D.** 1984. Variabilitat. Taxonomie and Verbreitung von *Chlamys patagonica* (King & Broderip 1832) und Anmerkungen zu weiteren *Chamys* - Arten von der Sudspitze Sud-Amerikas (Mollusca, Bivalvia, Pectinidae). *Verbreitungen de naturwissenschaftlichen Vereins Hamburg (N.F.)*, 27: 07–276.
- Winter, J.E., Toro, J.E., Navarro, J.M., Valenzuela, G.S. y Chaparro, O.P.** 1984. Recent developments, status and prospects of molluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture*, 39: 95–134.



# Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en la región sudeste-sur de Brasil

**Guilherme Sabino Rupp**

*Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina*

*Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca*

*Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*

*E-mail: rupp@epagri.sc.gov.br*

**Francisco Manoel de Oliveira Neto**

*Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina*

*Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca*

*Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*

**João Guzenski**

*Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina*

*Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca*

*Florianópolis, Santa Catarina, Brasil*

**Rupp, G.S., de Oliveira Neto, F.M. y Guzenski, J.** 2008. Estado actual del cultivo de moluscos bivalvos en la región sudeste-sur de Brasil. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 77–89.

## RESUMEN

Se revisa la situación actual del cultivo comercial de moluscos en Brasil. La producción nacional significó cerca de 14 900 toneladas en 2005, con el estado de Santa Catarina contribuyendo con 95 por ciento del total. Los demás estados productores son Espírito Santo (2,62 por ciento), São Paulo (1,14 por ciento), Paraná (0,91 por ciento) y Rio de Janeiro (0,19 por ciento), todos situados en la región sudeste y sur del país. Las especies cultivadas son principalmente el mitílido *Perna perna* y la ostra *Crassostrea gigas*, y en menor escala la ostra del manglar *Crassostrea rhizophorae* y la vieira *Nodipecten nodosus*. En el nordeste hay iniciativas para el cultivo de bivalvos en ocho estados pero en pequeña escala y no reflejan en las estadísticas oficiales. La producción de semillas, tecnologías de cultivo, procesamiento y comercialización, además de aspectos institucionales, ambientales y perspectivas futuras son discutidos.

## ABSTRACT

In this paper the current situation of commercial bivalve aquaculture in Brazil is presented. The national production reached approximately 14 900 tonnes in 2005 with the state of Santa Catarina generating 95 percent of the total output. Other states contributing to the production are Espírito Santo (2,62 percent), São Paulo (1,14 percent), Paraná (0,91 percent)

and Rio de Janeiro (0,19 percent), located in the south and southeast of the country. The main species cultured are the brown mussel, *Perna perna*, the pacific oyster, *Crassostrea gigas*, and to a lesser extent the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* and the scallop *Nodipecten nodosus*. Efforts to develop bivalve culture are found in eight northeastern states, but only on a small-scale, hence the production is not reflected in the official statistics. The seed production, grow-out techniques, processing and commercialization, institutional and environmental aspects and future prospects are discussed.

## INTRODUCCIÓN

Brasil presenta una línea de costa superior a 8 400 km, orientada hacia el Océano Atlántico, que incluye regiones ecuatoriales, tropicales y sub-tropicales, presentando una gran diversidad de ambientes, tales como, estuarios, manglares, bahías, ensenadas, playas arenosas, costones rocosos, islas costeras y arrecifes de corales. Estas características proporcionan, además de innumerables áreas adecuadas para maricultura, la existencia de una gran biodiversidad de moluscos bivalvos, muchos de estos comestibles y de interés económico. Por otro lado, las regiones costeras han sido objeto de crecientes presiones antropogénicas, debido al crecimiento demográfico y la litoralización de la población, la cual viene concentrándose en grandes aglomerados urbanos.

El cultivo de moluscos tiene una historia reciente en Brasil, con diversos intentos de implantación en las décadas de 70 e 80, en estados como Bahía, Río de Janeiro y São Paulo. Sin embargo, con excepción de este último, la actividad no se estableció comercialmente en este período. Apenas a inicio de la década de 90, en el estado de Santa Catarina, puede afirmarse que la actividad se consolidó, creando una nueva actividad económica y cambiando el perfil socioeconómico de muchas comunidades litorales. Eso permitió también una mayor conciencia ambiental por parte de los maricultores, referente a la importancia de aguas limpias para cultivar moluscos con seguridad alimenticia. Posiblemente tomando como ejemplo el suceso ocurrido en Santa Catarina, nuevas iniciativas de desarrollo de cultivo de moluscos se expanden por diversos puntos del litoral brasileño, a partir de mediados de la década del 90.

Actualmente, son cultivadas comercialmente una especie exótica, la ostra japonesa *Crassostrea gigas* y cuatro especies nativas, la ostra del manglar<sup>1</sup> representada por las especies *Crassostrea rhizophorae* y *C. brasiliiana*, el mitílido *Perna perna* y el pectínido *Nodipecten nodosus*. Además de esas, muchos otros bivalvos nativos también presentan potencial para cultivo, pero hasta el presente fueron objeto de pocos estudios detallados.

Según las estadísticas oficiales, en el 2005 fueron cultivados en el País cerca de 14 900 toneladas de moluscos (IBAMA, 2005), colocando a Brasil entre los 3 mayores productores de América Latina. De los 17 estados litorales, solo 5 constan como productores de bivalvos cultivados a nivel comercial: Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Río de Janeiro e Espírito Santo, situándose los dos primeros en la Región Sur y los demás en la Región Sudeste. Existen también informaciones sobre iniciativas de desarrollo de cultivo de moluscos en estados de la región Nordeste, como Bahía, Pernambuco, Río Grande do Norte, Sergipe, Alagoas, Piauí y Maranhão. Estas actividades se encuentran en nivel experimental o piloto, en general orientadas para producción de subsistencia en regiones con situación socioeconómica desfavorable, todavía sin reflejo en las estadísticas oficiales de producción. En el Nordeste de Brasil, existen inmensas áreas de manglares adonde ocurre una intensa captura de bivalvos de la infauna y epifauna, presentando un gran potencial para el desarrollo del cultivo de moluscos.

<sup>1</sup> Rios (1994) considera *C. brasiliiana* como sinónimo júnior de *C. rhizophorae*. Entretanto existen controversias, con algunos autores considerándolas distintas especies (Ignacio et al., 2000). No presente trabajo nos referimos indistintamente a ambas especies como ostra del manglar. Estudios para la caracterización genética de distintas poblaciones se encuentran en andamiento.

**CUADRO 1**

**Producción de moluscos cultivados (en toneladas) en 2005 por estado de la Federación, segundo datos de IBAMA (2005)**

Estado	Ostras	Mejillones	Vieiras	Total	Por ciento
Santa Catarina	1 941,5	12 234	-	14 175,5	95,14
Paraná	126	10	-	136	0,91
São Paulo	19	151	-	170	1,14
Rio de Janeiro	3	10	15	28	0,19
Espirito Santo	20	370	0,5	390,5	2,62
<b>Total</b>	<b>2 109,50</b>	<b>12 775,00</b>	<b>15,50</b>	<b>14 900,00</b>	<b>100,00</b>

Desde la publicación del libro «Cultivo de Moluscos en América Latina» (Hernández 1990), mucho cambió en relación a la situación del cultivo de moluscos en Brasil. En esa época la actividad era incipiente y restringida a 4 emprendimientos comerciales en el estado de São Paulo, que produjeron en 1988 cerca de 120 toneladas de ostras nativas y 27 toneladas de mejillones, mientras que en Santa Catarina, la actividad se encontraba en nivel de iniciativas experimentales (Ostini y Poli, 1990). Esta situación cambió drásticamente en la década de 90, con significativo desarrollo de la actividad en el estado de Santa Catarina. Según IBAMA (2005), cerca de 95 por ciento de la producción de moluscos cultivados provienen de aguas del litoral Catarinense (Cuadro 1). Debido a la mayor representatividad y desarrollo de la actividad en Santa Catarina, la situación de este estado es tratada con más detalle en la presente revisión. Además de eso, se verificó en algunos estados la precariedad de registros históricos sistematizados de la producción de moluscos, así como limitadas informaciones publicadas sobre el asunto. Mucho de los datos presentados sobre los demás estados, fueron obtenidos a través de contactos directos con representantes de universidades e instituciones orientadas al área de acuicultura y pesca.

## EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MOLUSCOS CULTIVADOS

### **Santa Catarina**

La producción comercial de mejillones (*Perna perna*) y ostras (*Crassostrea gigas*) tuvo su inicio en Santa Catarina, entre 1990 y 1991. A partir de ese período, hubo un significativo incremento en la producción de moluscos cultivados (Figura 1), culminando en 2006 con una producción total de 14 757 toneladas de bivalvos. En los últimos 10 años, se verificó un incremento en la orden del 123,64 por ciento. Los mejillones contribuyeron en 2006 con 11 604 toneladas, presentando una disminución del 5,15 por ciento en relación al año anterior. Las ostras participaron con 3 152 toneladas, lo que representó un incremento de 62,36 por ciento en relación a 2005, siendo que los municipios de Florianópolis y Palhoça juntos, produjeron 90 por ciento de ostras cultivadas. La producción de mejillones fue más representativa en los municipios de Palhoça, Penha y Governador Celso Ramos, los cuales contribuyeron con cerca de 70 por ciento del total.

El año de 2006 marcó el inicio del cultivo comercial de la vieira *Nodopecten nodosus* en Santa Catarina, a partir de iniciativas de fomento del *Centro de Desenvolvimento em Aqüicultura e Pesca* (CEDAP) de Epagri y del *Laboratorio de Moluscos Marinhos* (LMM) de la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). En este año fueron traspasadas 122 000 semillas de vieiras para 50 maricultores de 8 municipios. Al final del año, parte de las vieiras ya había alcanzado un tamaño considerado comercial (~7 cm), siendo comercializado cerca de 24 000 unidades, lo que representó cerca de 2 toneladas. En 2007, hasta la mitad del año, fueron traspasadas a los productores el doble de la cantidad de semillas que en el año anterior. Existen actualmente en el estado cerca de 800 maricultores actuando directamente en el cultivo de moluscos. Ellos se encuentran organizados en 20 asociaciones y 5 cooperativas, distribuidos en 12 municipios litorales.

### São Paulo

En São Paulo, el *Instituto de Pesca* del estado, es quien efectúa las estadísticas de desembarque de pescado y también realiza el monitoreo de la producción de moluscos cultivados. Según informaciones obtenidas de este Instituto<sup>2</sup>, no hubo incremento de la producción desde 2005. Actualmente, en el Litoral Norte del estado, están instalados principalmente los cultivos de mejillones, con cerca de 60 a 80 pequeños productores y una producción estimada en 100 toneladas en el 2006. Recientemente, cerca de 10 de estos productores iniciaron cultivos de vieiras *N. nodosus*, lo que resultó en una producción estimada en cerca de 0,5 toneladas. En la región estuarina-lagunar de Cananéia, al sur del estado, existe principalmente el cultivo de ostras del manglar. Según informaciones del *Instituto de Pesca*<sup>3</sup>, no existe un cultivo integral, pero existe la extracción de individuos de los bancos naturales los cuales son transferidos para sistema de cultivo en mesas, donde es efectuado el engorde final. Según el Instituto, existen actualmente cerca de 100 a 110 productores de ostras que utilizan estos sistemas en los manglares de la región de Cananéia. Este es uno de los locales adonde fueron realizados los primeros estudios sobre el cultivo de ostras en Brasil (Wakamatsu, 1973). Actualmente, con pocas excepciones, la producción de moluscos sigue en nivel artesanal, sin haberse alcanzado un nivel de profesionalismo en el sector.

### Río de Janeiro

En Río de Janeiro, además de los datos presentados en la Tabla 1, no encontramos informaciones centralizadas sobre la producción de moluscos agrupando todas las regiones del estado. Según la *Prefeitura Municipal de Angra dos Reis*<sup>4</sup>, existen en el estado cerca de 45 productores de moluscos, distribuidos por 7 municipios, siendo que la mayoría de ellos (31) se localizan en Angra dos Reis. Existen también cultivos, principalmente de la ostra japonesa, en la región de los Lagos, comprendiendo los municipios de Cabo Frio y Arraial do Cabo.

SEBRAE/RJ (2006), realizó un estudio sobre el perfil de los maricultores de la Región de la Costa Verde en el año 2005. Este estudio abarcó una muestra de 23 maricultores de los municipios de Angra dos Reis, Mangaratiba e Paraty, donde existen los cultivos de ostras, mejillones y vieiras. El cultivo de esta última especie es el más representativo en la región de Angra dos Reis y el cultivo de mejillones es el más importante en la región de Mangaratiba. La producción por parte de los maricultores objeto del estudio, fue de 32,28 toneladas de mejillones, 3 704 docenas de vieiras y 2 020 docenas de ostras. Para efecto de comparación, se puede estimar una producción de cerca de 4,4 y 2 toneladas, respectivamente para vieiras y ostras en los 3 municipios evaluados. Comparándose estos valores con los presentados en el Cuadro 1, se verifica una divergencia, ya que el cultivo de mejillones se encuentra subestimado en cerca de 1/3 en relación a la producción registrada en el estudio realizado por SEBRAE para el año del 2005. Por otro lado, la producción de ostras y vieiras presentadas en el Cuadro 1, parecen estar superestimadas, lo que podría explicarse por el hecho de este último estudio haber evaluado apenas parte de los maricultores de la región. Para el año 2006, la Prefeitura Municipal de Angra dos Reis<sup>5</sup> estimó una producción de 15 000 docenas de vieiras y 3 000 docenas de ostras, lo que representaría respectivamente, cerca de 18 y 3 toneladas.

<sup>2</sup> Hélcio Luís de Almeida Marques, Instituto de Pesca do Estado de São Paulo.

<sup>3</sup> Jocemar Mendonça, Instituto de Pesca do Estado de São Paulo.

<sup>4</sup> Fernando Moschen, Prefeitura Municipal de Angra dos Reis – Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano.

<sup>5</sup> André Araújo, Prefeitura Municipal de Angra dos Reis – Secretaria de Pesca.

## Paraná

Según el *Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural* (EMATER/PR<sup>6</sup>), no existe un registro estadístico sistemático de la producción de moluscos en el estado. Actualmente, existe una producción de ostras del manglar, principalmente a nivel de subsistencia. Las principales regiones donde ocurre producción son las bahías de Paranaguá, Guaratuba e Guaraqueçaba. El sistema de cultivo consiste, principalmente, en la colecta de ejemplares jóvenes en regiones de manglares, y finalización del cultivo en sistema de mesa. En la bahía de Guaratuba, según la asociación local de productores, existen actualmente 17 maricultores con una producción estimada en 50 000 docenas (~50 toneladas) de ostras. Existe una pequeña contribución de captación natural de semillas, sin embargo, con gran variación interanual. Según esa asociación, el mayor obstáculo para el desarrollo de los cultivos es la limitación en la disponibilidad de semillas.

## Espírito Santo

La actividad de cultivo de moluscos bivalvos en el estado de Espírito Santo es todavía incipiente, inclusive existiendo condiciones ambientales favorables para su desarrollo (Nalessio e Barroso, 2007). Según el *Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural* (INCAPER<sup>7</sup>) la principal área productora de moluscos se localiza en el municipio de Anchieta, en el sur del estado. Ahí existe una asociación que actualmente cuenta con 10 productores en actividad. La especie más cultivada es el mejillón *Perna perna*, en sistema suspendido, existiendo pequeñas iniciativas para el cultivo de la ostra japonesa y vieira. Se estima una producción<sup>7</sup> de 59,5 toneladas de mejillones en el 2005 y 76,5 toneladas en el 2006. Las pérdidas constantes causadas por las condiciones del mar, lluvias y fuertes vientos, son apuntados como factores responsables por el estancamiento de la producción en esa región. Refiriéndonos todavía al sur del estado, existen pequeños cultivos en la región de Piuma.

Otra región donde existen cultivos de moluscos es Guarapari en la parte central del estado, donde, según la Fundación Promar<sup>8</sup>, 36 familias están reunidas en dos asociaciones, cultivando mejillones, ostra japonesa y ostra del manglar. Según Nalessio y Barroso (2007), las principales dificultades para el desarrollo sustentable de la actividad en el estado son la falta del efectivo compromiso de los productores y la inexistencia de políticas de fomento y de programas de difusión técnica para acuicultura.

## ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE PRODUCCIÓN

### Producción de semillas en laboratorio

La producción de semilla de *C. gigas*, es totalmente obtenida a través de laboratorio o *hatchery*, por ser una especie exótica, sobre la cual no se tiene conocimiento del establecimiento de poblaciones en Brasil. Actualmente, el LMM de la UFSC, localizado en Florianópolis, Santa Catarina, es el único en el País, que atiende regularmente la demanda de los productores de ostra japonesa. Según informaciones del laboratorio<sup>9</sup>, en 2006/2007 fueron producidas cerca de 41 millones de semillas de ostra del Pacífico, 1,2 millones de ostras del manglar y 300 000 semillas de vieiras, además de 7 millones de larvas con ojo de mejillones para experimentos de asentamiento remoto.

La producción comercial de semillas de *C. gigas* se realiza continuamente desde 1991 y viene creciendo año a año, a modo de atender la demanda. Actualmente, el valor de

<sup>6</sup> Astrogildo José Gomes de Melo, Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER/PR.

<sup>7</sup> Pierângela Cristina Aoki, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural do Espírito Santo – INCAPER.

<sup>8</sup> João Guilherme Centoducatte, Fundação Promar, Espírito Santo.

<sup>9</sup> Claudio Blacher, Laboratório de Moluscos Marinhos, Universidade Federal de Santa Catarina.

venta de las pre-semillas de *C. gigas* (1–2 mm) se sitúa alrededor de R\$11,00/millar (Real Brasileiro), equivalente a 5,50 dólares EE.UU.

Para la vieira *Nodipecten nodosus*, aunque es una especie nativa, la producción en laboratorio es su única forma de obtención de semilla, debido a que presenta una serie de características biológicas que tornan inviable su captación natural para fines de cultivos (Rupp y Parsons, 2006). La producción experimental de semillas de vieira se inició en 1992 (Rupp, 1994), perdurando con objetivos experimentales recientemente. En el 2006 se decidió expandir la producción para alcanzar niveles comerciales, en función de la ampliación de los sistemas de producción y de significativos incrementos en la supervivencia larvaria. Aspectos de producción experimental de *N. nodosus* en el laboratorio son presentados por Uriarte *et al.* (2001). La producción de semillas de vieiras implica en una etapa de cultivo *nursery* realizadas en el mar, y estudios recientes (Rupp *et al.*, 2004, 2005), entre otros, permitieron el desarrollo de estrategias para la ampliación de la producción.

También en Santa Catarina, existe un criadero (*hatchery*) experimental de la *Universidade do Vale do Itajaí* (UNIVALI), el cual ha actuado principalmente en el área de educación, sin haber, hasta la fecha, producción comercial de semillas de moluscos. En el estado de Río de Janeiro existe el *Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía da Ilha Grande* (IEDBIG), una entidad no gubernamental que actúa en la producción de semillas de vieira *N. nodosus*. Este tiene su acción orientado principalmente al desarrollo de la maricultura en la Baía da Ilha Grande, en la región de Angra dos Reis. Según informaciones de este Instituto<sup>10</sup>, la cantidad semillas de *N. nodosus* comercializada en el 2006, fue de 631 000 unidades. El precio de comercialización es R\$180,00/millar (90 dólares EE.UU./millar) para semillas con cerca de 8–10 mm. En el estado de Paraná, existe un laboratorio para la producción de juveniles de organismos marinos, el Centro de Producción y Propagación de Organismos Marinos (CEPPOM), implantado entre 1997 y 1999. Este laboratorio tiene como metas la producción de alevines de róbalo (*Centropomus parallelus*) para el repoblación de la bahía de Guaratuba y la producción de semillas de ostras nativas, para abastecimiento a pequeños productores locales.

## CAPTACIÓN NATURAL

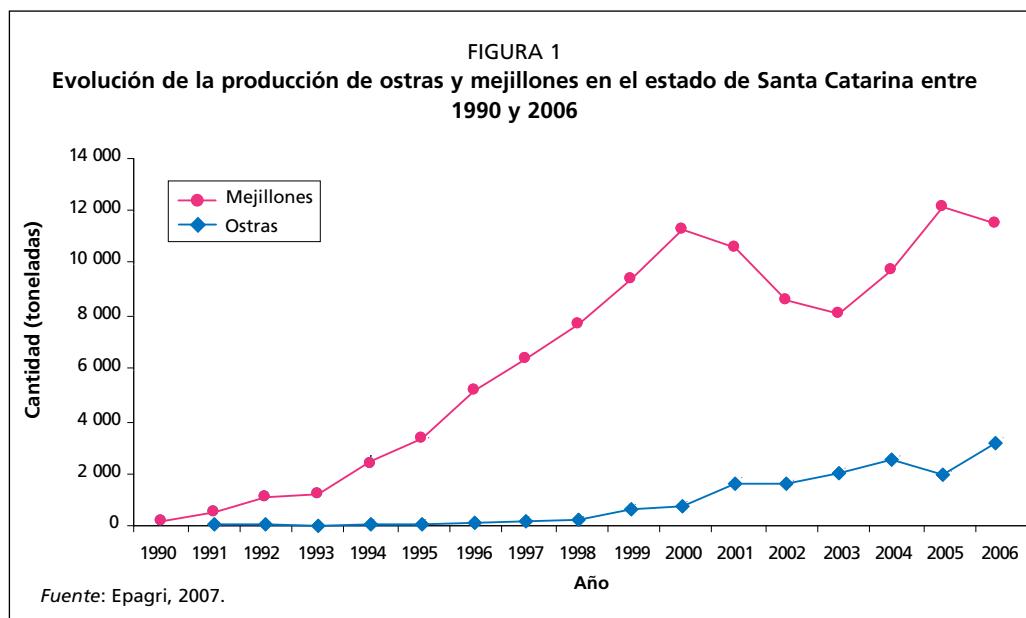
### Mejillón

El Cultivo del mejillón *Perna perna* en Santa Catarina, históricamente tenía como fuente de semillas la extracción a partir de los bancos naturales localizados en el litoral rocoso. Con el desarrollo de la actividad, se verificó que estos pasaran a ser insuficientes para abastecer la demanda, existiendo la necesidad de uso de colectores artificiales para la captación de semillas. Al observar la Figura 1, se verifica una reducción en la producción de mejillones entre el 2001 y 2003. Esta situación es atribuida a una caída en la disponibilidad de semillas en los bancos naturales, asociada a una legislación de protección ambiental que restringió las coletas en esos ambientes. La recuperación del crecimiento, a partir de 2004, es atribuida a un mayor número de productores utilizando colectores de semillas. Recientemente, un estudio realizado en distintas localidades de Santa Catarina definió los principales períodos de desove y las mejores épocas para colocación de colectores artificiales para la captación de semillas (Ferreira *et al.*, 2006). Actualmente, se estima en 80 por ciento la contribución de la captación natural de semillas para el cultivo de mejillones, minimizando el impacto sobre los bancos naturales.

### Ostra del manglar

En la región de Cananéia (São Paulo) Akaboshi y Pereira (1981), y Pereira *et al.* (2001), entre otros, realizaron trabajos experimentales sobre captación natural de semillas.

<sup>10</sup> Carlos Vicuña, Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía da Ilha Grande.



A pesar de presentarse experimentalmente viable, la captación de semillas de la ostra del manglar no es utilizada para el cultivo comercial.

## TECNOLOGÍA DE ENGORDA

### Ostra japonesa

El sistema más utilizado para el cultivo de la ostra japonesa en Santa Catarina es el suspendido flotante (*longline*) de superficie, con líneas simples con cerca de 100 m de longitud. En general, están compuestos por cuerdas de polipropileno con un diámetro de 25 mm, que son suspendidas por flotadores plásticos, dispuestos entre 1 a 3 m de distancia, variando de acuerdo a la profundidad y carga del cultivo. La mayoría de las localidades de cultivo no pasa de los 10 m de profundidad, con un promedio de 5 m. Son utilizadas linternas con 4 a 5 pisos y con un diámetro de aproximadamente 40 cm. De manera general, no existe mecanización en los cultivos, siendo utilizadas embarcaciones de madera y esfuerzo manual para su manejo. Algunos emprendimientos de mayor tamaño presentan embarcaciones con «*star wheel*» en la borda y una grúa manual para levantar las líneas de cultivo. El tiempo promedio para que las ostras alcancen el tamaño comercial es de 7 a 10 meses, cuando las ostras llegan a un tamaño superior a 7 cm.

### Mejillón

El cultivo de mejillones en Santa Catarina actualmente se realiza en estructuras semejantes a las utilizadas para ostras. Con menor frecuencia, algunos productores utilizan el sistema fijo con estacas en áreas someras. Las semillas son acondicionadas en bolsas tubulares confeccionadas con redes sintéticas (nylon, polietileno, polipropileno), las cuales son suspendidas desde el *longline* por medio de una cuerda interna. Estas miden entre 1 a 6 m y están dispuestas entre 0,50 m entre sí. Típicamente, cada metro de cuerda es sembrada manualmente con 1 a 1,5 kg de semilla, obteniéndose después de aproximadamente 10 meses de cultivo, un promedio de 10 a 15 kg de mejillones por metro lineal. Durante el cultivo, en general no se realiza desdoble ni selección por tamaño. Para la cosecha se utiliza el pisoteo para desagregar los mejillones que están agrupados por un fuerte biso. Este es un método artesanal y laborioso con baja productividad.

Están siendo implantadas en Santa Catarina dos unidades de demostración de un sistema mecanizado de cultivo continuo, para adecuación de la tecnología y posterior

difusión entre el sector productivo. Este sistema, basado en el utilizado en Nueva Zelanda, permite una mayor eficiencia en la producción por facilitar la siembra de las semillas, el desdoble en el cultivo intermedio, además de una mejor utilización de la columna de agua y optimización de la cosecha.

### Vieira

El sistema de cultivo más utilizado, tanto en Rio de Janeiro como en Santa Catarina es el sistema suspendido flotante, a través del uso de *longlines*. En Santa Catarina, los actuales productores de vieiras, son primariamente productores de ostra japonesa, utilizando para las vieiras el mismo sistema de cultivo ya descrito anteriormente. Ya en la región de Angra dos Reis (RJ), la mayoría de los productores se dedican principalmente al cultivo de la vieira *N. nodosus*. En esa región, la disponibilidad de áreas más profundas para el cultivo permite la utilización de «*longlines*» de sub-superficie, con la línea-madre situada a cerca de 3 m de profundidad y el uso de linternas con 10 pisos y diámetro de 50 cm. En la Isla Grande (Angra dos Reis, RJ), resultados presentados por Avelar (2000), indican que *N. nodosus* alcanza un tamaño (altura) medio final entre 83 y 93 mm, después un año de cultivo (a partir de semillas de 15 mm), con supervivencia entre 84 y 90 por ciento. En Santa Catarina, según Rupp (2007), las vieiras cultivadas a 3 m de profundidad, alcanzan un tamaño mínimo comercial de 6,5 cm de altura de concha (6 g de músculo aductor), después de 7 meses de cultivo. Con 9 meses, alcanzan un tamaño medio de 7 cm y con 8,5 g de músculo. Al final de un año, aunque no se produce un aumento significativo del tamaño de las valvas, el músculo aductor alcanza el peso medio de 10 g y una supervivencia de cerca del 80 por ciento. Aspectos de la biología y ecología de *N. nodosus* y sus implicaciones para el cultivo son discutidos por Rupp y Parsons (2006).

### Ostras del manglar

Con respecto a los cultivos comerciales de ostas del manglar en la región Sudeste-Sur de Brasil, estos alcanzan su mayor expresión en la región de Cananéia en el estado de São Paulo y en las bahías de Paranaguá y Guaratuba en Paraná. Como se indicó anteriormente, el sistema de cultivo consiste, principalmente, en la colecta de ejemplares jóvenes (3–5 cm) en regiones de manglares y finalización del cultivo en sistema de mesa o «*racks*». En ese sistema, generalmente las ostras son cultivadas en el interior de bolsos de polipropileno dispuestas sobre las mesas, generalmente en la región intermareal. Cuando son cultivadas en ese sistema, las ostras alcanzan un tamaño promedio de 7 a 9 cm en cerca de un año de cultivo, a partir de juveniles de aproximadamente 3 cm.

## PROCESAMIENTO Y COMERCIALIZACIÓN

Actualmente, en Santa Catarina, la mayoría de los productores comercializa su producto localmente. Por otro lado, existen en el estado 5 empresas con certificación del Servicio de Inspección Federal (SIF) las cuales pueden enviar el producto a los grandes centros urbanos del País, como Río de Janeiro, São Paulo, Brasília, entre otros, donde el mercado es capaz de absorber una mayor producción y obtención de un mejor precio.

### Mejillón

Actualmente, los mejillones *in natura* producidos en Santa Catarina son comercializados localmente por el productor a precios que varían entre R\$0,40 a 1,20/kg, respectivamente en los períodos de alta y baja producción (equivalente a 0,20 y 0,60 \$EE.UU./kg). El precio del producto cocido desconchado es vendido entre R\$7,00 a 9,00/kg (equivalente a 3,5 y 4,5 \$EE.UU./kg). En promedio, cerca de 5 kg de mejillón *in natura* produce 1 kg de carne cocida. Observando la Figura 1, se verifica que hubo una caída de cerca del 5 por ciento en la producción de mejillones entre el 2005 y el 2006, la cual es

atribuida al bajo precio de comercialización obtenido por los productores en el año anterior, generando una disminución en la siembra.

### Ostra

El comercio de ostras en Santa Catarina es principalmente del producto *in natura* a un precio medio de R\$4,00/docena (equivalente a 2,00 \$EE.UU.) en el mercado local. Las empresas certificadas por el SIF envían su producto a las principales capitales del país, obteniendo un precio entre R\$9,00 y 12,00/docena (4,50 a 6,00 \$EE.UU./docena). El producto es enviado por flete aéreo, llegando a los restaurantes destino en el mismo día que sale del mar.

### Vieira

En general, las vieiras de cultivo son comercializadas frescas y enteras, incluyendo las valvas, las cuales son consideradas un atractivo adicional, debido al valor ornamental. En Rio de Janeiro, las vieiras cultivadas son comercializadas a precios que varían de acuerdo al tamaño: 80–85 mm (R\$28,00/docena); 86–90 mm (R\$30,00/docena); 91–95 mm (R\$34,00/docena), lo que representa cerca de 14,00 a 17,00 dólares EE.UU.. Ya en Santa Catarina las vieiras comercializadas en 2006, alcanzaran un valor de cerca de R\$20,00 a 30,00/docena (10,00 a 15,00 \$EE.UU.) en el mercado local, para ejemplares con cerca de 7–8 cm. Cuando son enviadas para los mercados de Río de Janeiro y São Paulo, por las empresas certificadas, estos valores varían entre R\$38,00 a 50,00/docena, equivalente a 19,00 a 25,00 \$EE.UU..

## ASPECTOS INSTITUCIONALES

En Santa Catarina el establecimiento de la actividad de cultivo de moluscos es atribuido a un conjunto de factores institucionales, culturales y ambientales, que hicieron que la actividad tuviese continuidad a partir de los primeros resultados experimentales: la existencia de una Universidad (UFSC) con un Departamento de Acuicultura ejecutando actividades de investigación y desarrollo en cultivo de moluscos, además de la formación de recursos humanos en la área de acuicultura; la asociación institucional con una empresa estatal de investigación y difusión de tecnología rural (EPAGRI), con alcance en todos los municipios litorales, a través de técnicos en acuicultura y pesca; la existencia de una cultura ligada al mar, por parte de pescadores artesanales, que asimilaron bien esa nueva actividad; y la existencia de bahías protegidas adecuadas para maricultura. El trabajo institucional conjunto permitió el desarrollo y difusión de técnicas de cultivo, inicialmente para mejillones y posteriormente para ostras, entre pescadores artesanales y pequeños empresarios. Otro aspecto importante fue el inicio de la actividad con especies rústicas y de cultivo relativamente simples como el mejillón, inicialmente, seguido por la ostra japonesa. Más recientemente, se viene estimulando la diversificación para el cultivo de vieiras, que ha sido bien aceptado principalmente por productores de ostras. Aportes de recursos financieros de instituciones internacionales como el de la Agencia Canadiense de Cooperación Internacional (CIDA), tuvieron un destacado papel para el establecimiento y desarrollo del cultivo de moluscos en Santa Catarina, en la década del 90.

Con la recopilación de información para el presente trabajo, se verificó en otros estados, una precariedad en la centralización y sistematización de datos más detallados sobre el cultivo de moluscos. Este hecho no significa que no existan esfuerzos para el desarrollo de la actividad. Al contrario, en varios estados se verifica la existencia de instituciones estatales y organizaciones no gubernamentales empeñadas en actividades de difusión del cultivo de moluscos, así como la actuación de universidades y prefecturas municipales.

## DESAFÍOS

### Legalización de concesiones marinas para acuicultura

Actualmente, los productores de moluscos de Santa Catarina, así como los de otros estados, se encuentran en situación irregular mediante los organismos legales, con respecto a las autorizaciones de uso de aguas públicas para acuicultura. Eso se debe al hecho de que la actividad se inició mucho antes de que hubiera un marco legal reglamentando la actividad en el País. El Decreto-Ley 4895 de 25 de noviembre del 2003, es actualmente el instrumento que reglamenta el uso de aguas públicas para fines de acuicultura. Todavía, este decreto es muy complejo e involucra por lo menos a 4 organismos en la esfera federal, cuya burocracia dificulta que las referidas autorizaciones sean obtenidas por los productores. Esta situación impide el acceso de los productores a créditos bancarios y en consecuencia a la ampliación de los emprendimientos. Frente a esa situación, en Santa Catarina la EPAGRI y la Secretaría Especial de Aqüicultura e Pesca (SEAP), están finalizando acciones para el ordenamiento territorial de las aguas de la Unión a través de los Planes Locales del Desarrollo de la Maricultura (PLDM). Con eso, se prevé la demarcación y legalización de áreas destinadas a la maricultura en 15 municipios. Similarmente, en otros estados, acciones para el ordenamiento de la actividad se encuentran en desarrollo.

### Aspectos ambientales

Episodios de floración de algas nocivas habían sido poco relatados para el litoral brasileño, sino hasta recientemente. Sin embargo, en el año 2007 se observó un gran aumento de episodios floraciones de algas tóxicas, a punto de decretarse por primera vez en el País, la veda de la cosecha y comercialización de bivalvos cultivados en Santa Catarina. El fenómeno ocurrió en el verano y nuevamente en el otoño e invierno de este año, simultáneamente en varios puntos aislados del litoral. La especie predominante fue el dinoflagelado *Dinophysis acuminata*, productora de toxina diarreica (DSP) (Proença *et al.*, 2007).

Recientemente, en la región de Angra dos Reis (R.J.), se detectaron algunas alteraciones anatómicas en las vieiras cultivadas. Según Avelar<sup>11</sup>, dichas alteraciones consistieron en una hipertrofia del riñón, el cual tomó una coloración púrpura, góndadas vacías y líquido inter-valvar con coloración verdosa. Por una medida de precaución fue decretada la veda de la cosecha y comercialización de estos bivalvos en la región, durante varias semanas. No se observó mortalidades entre las vieiras y al final de algunas semanas éstas retornaron a su aspecto normal. Todavía no se ha diagnosticado el agente causante de dichas alteraciones.

Una gran preocupación para el desarrollo de la actividad, es la calidad sanitaria de las aguas donde se realizan los cultivos de moluscos. Las regiones costeras están sufriendo un rápido crecimiento poblacional y muchas localidades no presentan estructuras adecuadas de tratamiento de efluentes domésticos, lo que puede afectar la calidad del agua y la seguridad alimenticia del producto. La legislación brasileña es bastante restrictiva con respecto a los niveles de microorganismos en las aguas de cultivo (Resolución CONAMA 357 de 17 de marzo de 2005) y en la carne de los moluscos (Resolución ANVISA/RDC 12). Con respecto al monitoreo de la calidad del agua y de la carne de los moluscos, se encuentra en fase de implantación en Santa Catarina el programa nacional de control higiénico-sanitario de los moluscos bivalvos, para asegurarse de que los cultivos sean implantados en aguas de buena calidad. Además, son crecientes las presiones sobre el sector público para la implantación de sistemas de tratamiento de efluentes en las regiones costeras de modo a evitar la degradación ambiental.

<sup>11</sup> Julio Avelar, Rio Maricultura, Angra dos Reis, R.J.

Con respecto al cultivo de la ostra del Pacífico, uno de los problemas reportados por los productores es la ocurrencia de mortalidades masivas en verano. En períodos de altas temperaturas, pueden producirse grandes pérdidas en la producción. En la Figura 1 se observa en el 2005 una caída de cerca del 23 por ciento en la producción de ostras en relación al año anterior. Esta pérdida es atribuida, entre otras causas, a mortalidades durante el verano por temperaturas sobre la media. Los cambios climáticos globales pueden afectar, también, la actividad de cultivo de moluscos. En 2005 se registró por primera vez, un huracán en el Atlántico Sur Oriental, que llegó a alcanzar la costa, causando efectos destructivos en el litoral de Santa Catarina. En ese mismo año se verificó, también, fuertes vientos y oleajes que afectaron la región litoral, destruyendo muchas estructuras de cultivo, contribuyendo para las pérdidas de producción.

## PERSPECTIVAS

### Especies nativas con potencial para cultivo

En función de la gran biodiversidad de moluscos del litoral brasileño, además de las especies actualmente cultivadas, otros bivalvos nativos de interés comercial, pueden presentar potencial para cultivo. Analizándose las especies citadas por Rios (1994) y tomando por criterio los bivalvos comestibles, que llegan a alcanzar un tamaño superior a los 40 mm y algunas especies con valor ornamental llegamos a un total de 40 especies nativas del litoral brasileño que pueden presentar potencial para la acuicultura. Sobre estas, pocos estudios fueron realizados en Brasil y por lo tanto, no se ha determinado todavía la factibilidad de cultivo.

## CONCLUSIONES

El estado de Santa Catarina se destaca, con el 95 por ciento de la producción nacional de moluscos cultivados, verificándose que en otros estados, hay también esfuerzos para el desarrollo de la actividad, pero estos todavía no alcanzan el nivel de organización encontrado en Santa Catarina.

Con respecto a la ostra del Pacífico, la disponibilidad de semillas ha sido suficiente para atender la demanda de los productores. Actualmente, hay solo un laboratorio, con capacidad de producción de semillas a nivel comercial para sostener la actividad. Esta producción podrá ser ampliada, según el crecimiento del sector que demande un aumento de la oferta de semillas. Todavía, sería interesante para el desarrollo de la actividad, la existencia de otros laboratorios de producción comercial, principalmente en otras partes del País, orientado a atender la expansión de la actividad. Con respecto a la mortalidad de verano registrada para algunas partes, la producción de ostras triploides así como la selección genética de líneas más resistentes, podrá ampliar los horizontes de producción.

El sistema de producción de mejillones todavía es artesanal, existiendo un gran potencial de ampliación de la producción en Santa Catarina a través de la implantación de la mecanización en los sistemas de cultivo.

El cultivo de ostras del manglar tiene un gran potencial de desarrollo, debido a la existencia de inmensas áreas de manglares en el litoral brasileño propicias a la ostricultura. Todavía la actividad sigue siendo principalmente artesanal y en pequeña escala. En algunos lugares, se considera la poca disponibilidad de semillas como uno de los principales obstáculos para el desarrollo de la actividad. La correcta identificación y distinción entre las especies *Crassostrea rhizophorae* y *C. brasiliensis*, además de la selección de linajes de mejor crecimiento, podrá viabilizar su obtención en laboratorio en larga escala, ampliando sus posibilidades de producción.

El cultivo comercial de la vieira *Nodipecten nodosus* es una realidad en Río de Janeiro y Santa Catarina. En ese último estado, se detuvo el fomento de la actividad hasta recientemente, cuando avances permitieron una producción de semillas suficiente modo

de sostener la actividad, además de resultados promisorios con respecto al crecimiento y supervivencia en condiciones de cultivo. Recientes avances indican que la producción de semillas en laboratorio dejó de ser un obstáculo para el desarrollo de la actividad.

Actualmente, en Santa Catarina existen demarcadas áreas acuícolas, totalizando cerca de 1 200 hectáreas. Con la finalización del plan gubernamental para la organización y expansión de las áreas de cultivo (PLDM), se estima una duplicación de las áreas para la maricultura. La mecanización de los cultivos juntamente con la expansión de las áreas acuícola, podrá incrementar significativamente la producción de moluscos bivalvos en el estado.

En la costa brasileña hay una gran biodiversidad de moluscos bivalvos nativos con potencial para la acuicultura, sobre los cuales urge la realización de estudios biológicos y tecnológicos, de modo a desarrollar cultivos de especies no convencionales, promoviendo la diversificación de productos y la utilización racional de la biodiversidad marina.

Creemos que el modelo empleado en Santa Catarina, con la efectiva colaboración institucional entre universidades e instituciones de fomento, juntamente con la organización de los productores, podría ser utilizado en otros estados para apoyar el desarrollo de la actividad.

Resta hacer una última alerta para destacar la importancia de realizar los cultivos de moluscos en aguas con alta calidad ambiental para la producción de alimentos nutritivos y seguros a la salud de los consumidores. Para eso es fundamental que el proceso de crecimiento de las ciudades costeras sea acompañado de una adecuada ampliación de los sistemas de tratamientos de efluentes y de una concientización sobre la importancia de la preservación de los ambientes costeros, conjuntamente con políticas de protección ambiental y un constante monitoreo de la calidad de las aguas. Así se podrá ampliar la producción de moluscos de alta calidad en el litoral de Brasil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Akaboshi, S. y Pereira, O.M.** 1981. Ostreicultura na região lagunar estuarina de Cananéia, São Paulo, Brasil. I. Captação de Larvas de ostras *Crassostrea brasiliiana* (Lamarck, 1819) em ambiente natural. *Boletim do Instituto de Pesca*, (8): 87–104.
- Avelar, J.** 2000. O cultivo de vieiras no Estado do Rio de Janeiro. *Panorama da Aqüicultura*, (62): 41–47.
- Epagri.** 2007. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Síntese informativa da produção de moluscos (mexilhões, ostras e vieiras) no estado de Santa Catarina em 2006. (<http://www.epagri.rct-sc.br> – visitado en 25/07/2007).
- Ferreira, J.F., Oliveira Neto, F.M., Marenzi, A.C. y Silva, R.T.** 2006. Coletores de sementes de mexilhões: a opção do mitilicultor catarinense para retomar o crescimento da produção. *Panorama da Aqüicultura*, (96): 43–48.
- Hernández, A.** 1990. *Cultivo de Moluscos en América Latina. Memórias Segunda Reunión Grupo de Trabajo Técnico*. Red Regional de Entidades y Centros de Acuicultura de América Latina/Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Bogotá, Editora Guadalupe, 405 p.
- IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.** Estatística da Pesca 2005. Diretoria de Fauna e Recursos Pesqueiros. ([http://www.presidencia.gov.br/estrutura\\_presidencia/seap/estatistica/](http://www.presidencia.gov.br/estrutura_presidencia/seap/estatistica/) – visitado en 25/07/2007).
- Ignacio, B.L., Absher, T.M. Lazoski, C. y Solé-Cava, A.M.** 2000. Genetic evidence of the presence of two species of *Crassostrea* (Bivalvia: Ostreidae) in the coast of Brazil. *Marine Biology*, (136): 987–991.
- Nalessso, R.C. y Barroso, G.F.** 2007. Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Espírito Santo: cultivos de moluscos bivalves. En G.F. Barroso, L.H. Poersch y R. Cavalli, eds. *Sistemas de cultivos aquícolas costeiros no Brasil: recursos, tecnologias e aspectos ambientais e sócio-económicos*. Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

- Ostini, S. y Poli, C.R. 1990. A situação do cultivo de Moluscos no Brasil. En A. Hernández, ed. *Cultivo de Moluscos en América Latina. Memórias Segunda Reunión Grupo de Trabajo Técnico.*.. Red Regional de Entidades y Centros de Acuicultura de América Latina / Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Bogotá, Editora Guadalupe. p. 137–170.
- Pereira, O.M., Machado, I.C., Henriques, M.B. y Yamanaka, N. 2001. Crescimento da ostra *Crassostrea brasiliiana* semeada sobre tabuleiro em diferentes densidades na região estuarino-lagunar de Cananéia-SP (25° S, 48° W). *Boletim do Instituto de Pesca*, (27): 163–174.
- Proença, L.A.O., Schramm, M.A., Tamanaha, M.S. y Alves, T.P. 2007. Diarrheic shellfish poison (DSP) outbreak in Subtropical Southwest Atlantic. *Harmful Algae News*, (33): 19–20.
- Rios, E.C. 1994. *Seashells from Brazil.* Fundação Cidade do Rio Grande, Museu Oceanográfico, Rio Grande, Brasil. 328 p.
- Rupp, G.S. 1994. Obtenção de reprodutores, indução a desova, cultivo larval e pós larval de *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia). Departamento de Aqüicultura. Universidade Federal Santa Catarina. Florianópolis, Brasil. (Tesis de maestría).
- Rupp, G.S. 2007. *Cultivo da vieira Nodipecten nodosus em Santa Catarina: influência da profundidade, densidade e freqüência de limpeza.* Boletín Técnico 135. Epagri. Florianópolis, Brasil. 83 p.
- Rupp, G.S., Parsons, G.J., Thompson, R.J. y Bem, M.M. de. 2004. Effect of depth and stocking density on growth and retrieval of the postlarval lion's paw scallop, *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758). *Journal of Shellfish Research*, (22): 472–482.
- Rupp, G.S., Parsons, G.J., Thompson, R.J. y Bem, M.M. de. 2005. Influence of environmental factors, season and size at deployment on growth and retrieval of the postlarval Lion's Paw scallop, *Nodipecten nodosus* (Linnaeus, 1758) from a subtropical environment. *Aquaculture*, (243): 195–216.
- Rupp, G.S. y Parsons, G.J. 2006. Scallop aquaculture and fisheries in Brazil. En S. E. Shumway y G. J. Parsons, eds. *Scallops: Biology Ecology and Aquaculture.* Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Elsevier. (35): 1225–1250.
- SEBRAE/RJ. 2006. Projeto fortalecimento da maricultura da Costa Verde. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. (informe interno).
- Uriarte, I., Rupp, G. y Abarca, A. 2001. Producción de juveniles de pectínidos Iberoamericanos bajo condiciones controladas. En A.N. Maeda-Martinez, ed. *Los Moluscos Pectinidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura.* Cap. 8: 147–171, México, Editorial LIMUSA.
- Wakamatsu, T. 1973. *A ostra de Cananéia e seu cultivo.* Superintendência de Desenvolvimento do Litoral Paulista (Sudelpa). Instituto Oceanográfico; Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 141 p.



# Estado actual del cultivo de bivalvos en México

**Alfonso N. Maeda-Martínez**

*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste*

*La Paz, México*

*E-mail: amaeda04@cibnor.mx*

**Maeda-Martínez, A.N.** 2008. Estado actual del cultivo de bivalvos en México. En A. Lovatelli, A. Fariás e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 91–100.

## RESUMEN

Se presenta una revisión de la acuicultura de moluscos bivalvos en México. En este país la acuicultura de bivalvos se realiza casi exclusivamente en las costas del Pacífico de Baja California y en el Golfo de California y ocupa el cuarto lugar en América Latina después de Chile, Brasil y Perú. Los datos de producción de FAO inician en 1987 con 20 toneladas y posteriormente la producción se incrementa a 2 200 toneladas en 1990. En 1993 la producción declina a 1 053 toneladas y posteriormente se incrementa en 1995 a 2 500 toneladas y a 3 038 toneladas en 1997. Después de ese año la producción decrece nuevamente a un promedio de 1 500 toneladas anuales, cifra que se ha mantenido hasta el 2005. La producción se basa prácticamente en la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* y en menor grado en el ostión de placer (*Crassostrea corteziensis*), el mejillón (*Mytilus galloprovincialis*), la almeja Catarina *Argopecten ventricosus* y en la ostra perlera *Pteria sterna*. Se han realizado producciones a nivel comercial de especies emergentes como la almeja mano de león *Nodipecten subnodosus* y de callo de hacha *Atrina maura*, pero la producción no se ha mantenido en el tiempo. En este trabajo se explican las causas de las variaciones en la producción y se mencionan los obstáculos que han impedido el incremento sostenido de esta actividad productiva, a pesar de los esfuerzos realizados por los acuicultores y los centros de investigación.

## ABSTRACT

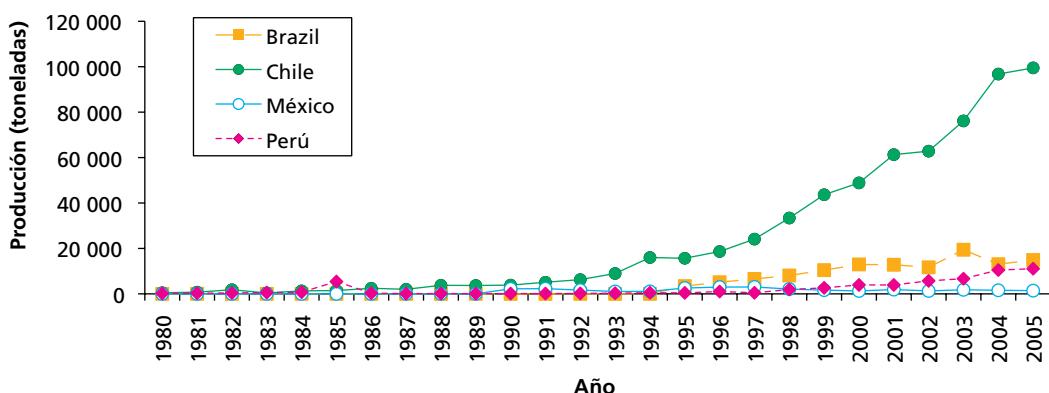
A review of bivalve aquaculture in Mexico is presented. In this country, bivalve aquaculture is carried out almost exclusively in northwestern Mexico, on the Baja California Peninsula coast and the Gulf of California. Production is ranked fourth in Latin America following Chile, Brazil and Peru. The FAO production records started in 1987 and recorded 20 tonnes, which subsequently rose to 2 200 tonnes in 1990. In 1993 the production declined to 1 053 tonnes and then rose again to 2 500 in 1995 and 3 038 tonnes in 1997, following this production declined again to about 1 500 tonnes where it remained stable until 2005. Production derives mainly from the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and to a lesser degree the Cortez oyster (*Crassostrea corteziensis*), the Mediterranean mussel (*Mytilus galloprovincialis*), the Catarina scallop (*Argopecten ventricosus*) and the pearl oyster (*Pteria sterna*). Other emerging species such as the

Pacific lion's paw scallop (*Nodipecten subnodosus*) and the penshell (*Atrina maura*), have been produced commercially but production levels have not been continuous. In this paper, an explanation of the variations in production is given as well as an insight to the constraints that have restrained the development of bivalve aquaculture, regardless of the efforts made by aquaculturists and Mexican research institutes.

## RESULTADOS

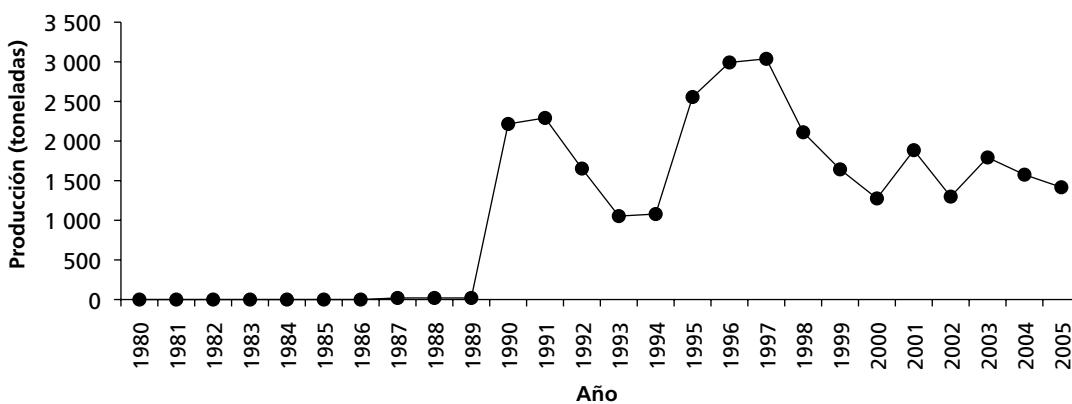
México ocupa el cuarto lugar en la producción de moluscos bivalvos en América Latina (Figura 1). En el año 2005, Chile alcanzó las 100 000 toneladas, produciendo principalmente mejillón *Mytilus chilensis* y el pectínido *Argopecten purpuratus*. En ese año, Brasil produjo cerca de 15 000 toneladas de las cuales 12 700 toneladas fueron de mejillón *Perna perna* y 2 100 toneladas de ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*. En Perú, la producción fue de 11 000 toneladas, produciendo casi exclusivamente *A. purpuratus*. En México, la producción de bivalvos en el 2005 fue de 1 400 toneladas, y ha mostrado grandes variaciones durante los últimos 30 años (Figura 2). Los registros de producción en ese país según FAO inician en 1987 con 20 toneladas y posteriormente la producción se incrementa a 2 200 toneladas en 1990. En 1993 la producción declina a 1 053 toneladas y posteriormente se incrementa en 1995 a 2 500 toneladas, y al máximo histórico de

**FIGURA 1**  
**Producción de moluscos bivalvos en América Latina de 1980 a 2005 por acuicultura**



Fuente: FAO.

**FIGURA 2**  
**Producción de moluscos bivalvos en México de 1980 a 2005 por acuicultura**



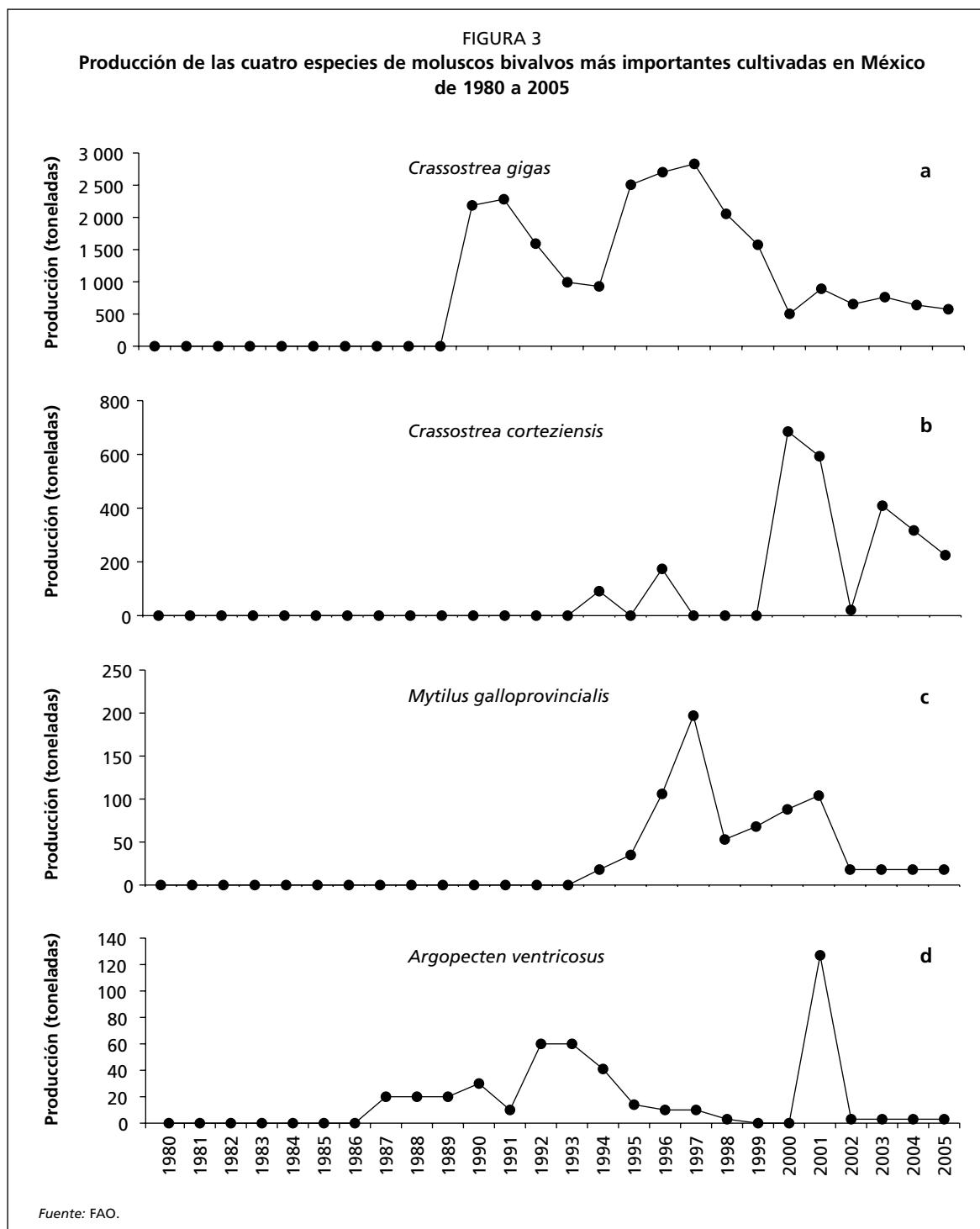
Fuente: FAO.

3 038 toneladas en 1997. Después de ese año la producción declina nuevamente a un promedio de 1 400 toneladas anuales, cifra que se ha mantenido hasta el 2005.

La acuicultura de bivalvos en México inicia a finales del siglo antepasado con el cultivo de ostras perleras en una isla de Baja California Sur (Cariño y Monteforte, 1995). Posteriormente, se desarrolla una pesquería acuacultural de *Crassostrea virginica* en el Golfo de México con una producción de alrededor de 40 000 toneladas de peso entero vivo. Durante los años 90's FAO clasificaba esta actividad dentro de la acuicultura debido a que los pescadores inducían la formación de bancos depositando las conchas de ostras que servían de substrato para las larvas pediveliger en sitios predeterminados. En años recientes, las estadísticas de esta producción se movieron al rubro de las pesquerías y por lo tanto, los registros de producción mexicanos reflejan la producción intensiva de bivalvos.

México cuenta con 2 769 km de costa frontal en el Golfo de México y el Caribe y 7 775 km en el Pacífico (Ortíz-Pérez y De la Lanza-Espino, 2006) pero la acuicultura de bivalvos solamente se ha desarrollado en el noroeste de México. La problemática que ha frenado el desarrollo de la acuicultura de bivalvos en las costas del Atlántico mexicano es compleja pero algunos de los factores son la falta de organización social, la contaminación de los cuerpos de agua y la falta de centros de investigación y de productores que desarrollen el cultivo de especies nativas. Los esfuerzos se han centrado en aumentar el valor de *C. virginica*, a través de la depuración.

En las costas del Pacífico mexicano la situación es distinta. Aquí se explotan más de 54 especies de moluscos (Baqueiro, 1984) y cuenta con cuerpos de agua apropiados para el desarrollo de cultivos. Sin embargo, la acuicultura de bivalvos se ha centrado en la ostra del Pacífico *C. gigas*, la cual fue introducida en los años 70's del siglo pasado. Aunque la producción de esta especie se realiza desde los años 80's, las estadísticas de FAO presentan datos de producción a partir de 1990 y 1991 (Figura 3a) con 2 200 toneladas por año. Luego la producción decreció a 920 toneladas en 1995 y volvió a incrementarse durante los cuatro años siguientes, alcanzando un máximo histórico de 2 831 toneladas en 1997. A partir de ese año, la producción ostrícola se colapsó a 530 toneladas en el 2000, para luego incrementarse a un promedio de 1 180 toneladas durante los 5 años siguientes. Las causas de estas variaciones se deben principalmente a problemas en la obtención de juveniles y a las mortandades masivas de ostras. Entre los años 80's y 90's, los juveniles se producían principalmente en el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora, pero debido a cambios en la política de administración de ese centro, la producción de juveniles se colapsó. A mediados de los 90's, los productores cubrieron su demanda, importando larvas pediveliger o juveniles de los laboratorios de Oregon y Washington EE.UU., adquiriendo a partir de 1996 juveniles triploides. Las ostras triploides mostraron mayores índices de condición (masa seca de tejidos/masa total) a lo largo del año, por lo que a partir de entonces los productores los prefirieron en lugar de los diploides. En 1998, se registraron por primera vez en México, mortandades masivas de ostras en los estados de Sonora, Baja California y Baja California Sur en las etapas de preengorda y engorda. Los científicos y productores aún no encuentran las causas, pero existen evidencias de que los organismos importados presentan una reducción en la variabilidad genética, haciéndolos más vulnerables a las variaciones ambientales y a patógenos (Maeda-Martínez *et al.*, 2006). A partir de entonces, los porcentajes de supervivencia hasta la talla de cosecha han sido de 45 por ciento pero a pesar de ello, los ostricultores han mantenido su producción gracias al incremento en la calidad y el valor del producto, que les ha permitido conquistar los mercados mexicano y estadounidense. El sistema de preengorda y engorda se realiza con el sistema Francés que emplea costales sobre camas metálicas instaladas en la zona intermareal, adaptado a México por la empresa Sol Azul S.A. de C.V. en el año de 1993. Este sistema es el que actualmente se utiliza en Baja California Sur y en parte de los estados de Sonora y Sinaloa. Según los productores, el avance de esta industria



está frenada por la falta de técnicos capacitados, la falta de organización y de cultura empresarial del sector productor, y la falta de interés del sector científico en la solución de los problemas que plantean.

Derivado de los problemas de la acuicultura de *C. gigas*, el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) planteó como alternativa el cultivo de la ostra nativa de origen tropical, conocida como ostión de placer *C. corteziensis*. Esta especie se cultiva desde finales de los 70 en el estado de Nayarit en el Pacífico mexicano, a partir de la colecta de juveniles silvestres y su engorda en sartas suspendidas de balsas flotantes. Sin embargo, la producción aparece en las estadísticas de FAO a partir de 1993 con alrededor de 100 toneladas (Figura 3b). En los años 2000 y 2001 se observa un

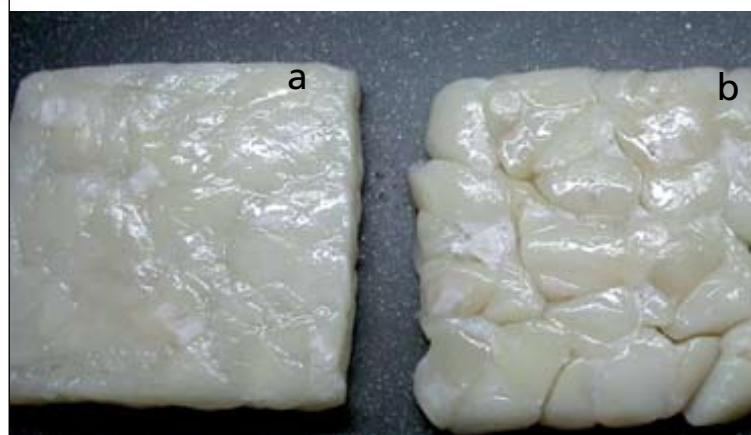
incremento a 685 y 593 toneladas respectivamente, lo cual es atribuido a la producción de la empresa Acuícola Guevara S.A. de C.V. en el estado de Sinaloa, que usó juveniles producidos en los laboratorios del CIBNOR. En el 2002, hubo un colapso en la producción hasta las 21 toneladas debido a mortandades masivas en la producción de Sinaloa, pero la producción remontó al año siguiente manteniéndose en un promedio de 317 toneladas anuales entre 2003 y 2005. La acuicultura de esta especie en Nayarit se proyecta como estable pero las perspectivas para el estado de Sinaloa son inciertas, ya que existen problemas en la producción de juveniles en el laboratorio. Al parecer, hay un agente patógeno que limita la maduración de los reproductores.

El primer cultivo del mejillón *Mytilus galloprovincialis* a escala piloto comercial en México lo realizó la empresa Martesanos, S.A. de C.V. en 1985 en Ensenada Baja California, utilizando el sistema de cultivo de balsas flotantes. Actualmente, *M. galloprovincialis* se cultiva en la Bahía de Todos Santos por la empresa Acuacultura Oceánica, S. de R.L., mediante el uso de líneas largas sumergidas. Las estadísticas de producción de mejillón en México de FAO, inician en 1994 con 18 toneladas (Figura 3c), las cuales se incrementaron gradualmente hasta las 197 toneladas en 1997. Después la producción cayó abruptamente a 53 toneladas en 1998 y a partir de ese año la producción se incrementó hasta las 104 toneladas en 2001. Posteriormente la producción declinó nuevamente a 18 toneladas, cifra que se ha mantenido hasta el 2005. La reducción en la producción de mejillón en México se atribuye a la variabilidad climática y a problemas en la organización de las empresas productoras. Particularmente la caída en 1998 se debe probablemente al debilitamiento de las surgencias causadas por el fenómeno de El Niño que también afectó la producción ostrícola y produjo mortandades de sargazo y de organismos que se alimentan de él, como el abulón.

El cultivo comercial del pectínido almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) inició en 1987 en el estado de Baja California Sur y en la actualidad ya está técnicamente dominado. En ese año se reporta por primera vez una producción de 20 toneladas (Figura 3d) la cual se mantuvo a ese nivel hasta 1991. En 1992, la empresa Cultemar S.A. de C.V. llegó a cosechar 5 millones de adultos en el estero Rancho Bueno al sur de Bahía Magdalena en la costa occidental de la Península de Baja California, empleando una tecnología de cultivo en fondo (Maeda-Martínez *et al.*, 2000). Los registros de FAO reportan en ese año y en los dos siguientes alrededor de 60 toneladas de músculos anuales. Despues de 1995, la producción ha sido nula. El dato del 2001 en la Figura 3d es probablemente erróneo.

El colapso en la producción de almeja catarina se debe a la baja rentabilidad del cultivo, al haberse desplomado el precio de \$EE.UU. 8/kg a \$EE.UU. 4/kg. Esta caída se debió a la enorme oferta de un producto idéntico proveniente del cultivo de *Argopecten irradians* en China. No obstante se han investigado opciones para incrementar su valor a través de la producción de conservas y el soldado enzimático de músculos en frío (Figura 4) (Beltrán *et al.*, 2005). Con esta última técnica se logró producir a nivel experimental, músculos de mayor tamaño a partir de músculos de 6 g de

**FIGURA 4**  
Músculos de almeja catarina (*Argopecten ventricosus*) soldados en frío mediante métodos enzimáticos (a), y músculos de la misma especie sin tratamiento (b)

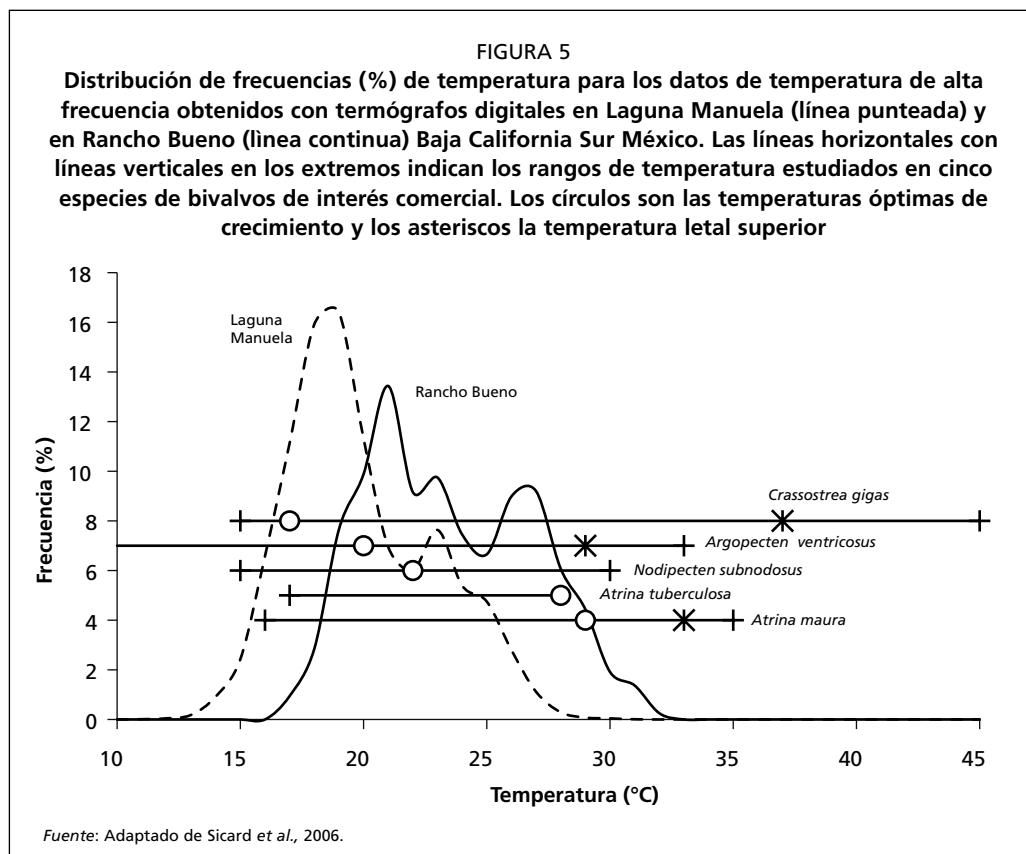


Fuente: Beltrán-Lugo *et al.*, 2005.

masa individual húmeda o menores, con la idea de acceder a categorías de mercado de mayor valor. En los mercados internacionales, los músculos de pectínidos de mayor masa poseen mayor valor individual. Aún no se realizan pruebas de comercialización de este producto.

El cultivo de ostras perleras en México inició a finales del siglo XIX, en la Isla Espíritu Santo, Bahía de la Paz, Baja California Sur, México, con los trabajos del naturalista Juan Gastón Vives quien cultivó la madreperla *Pinctada mazatlanica* para la producción de nácar, usado en la fabricación de botones. En ese entonces la perlicultura no era inducida sino que se generaba de manera natural, con una incidencia de 10–15 por ciento. Sin embargo, las condiciones sociopolíticas inestables de México condujeron a la desaparición de la actividad. En 1994, la empresa Perlas de Guaymas (posteriormente Perlas del Mar del Cortés S.A. de C.V. y ahora Perlas Únicas S.A. de C.V.) estableció una granja de perlicultura en la Bahía de Bacochibampo, Guaymas Sonora bajo el auspicio del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) campus Guaymas. El objetivo de la empresa era cultivar ostras perleras y producir medias perlas y perlas arco iris de 0.8 mm de espesor con la especie *Pteria sterna* o concha nácar. En 1999 la empresa Perlas del Cortez S. de R.L. MI estableció también una granja con el mismo objetivo en La Bahía de La Paz, Baja California Sur. Ambas empresas actualmente emplean métodos propios basados en investigación científica realizada por ellas mismas, en el CIBNOR, la Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABC) y en el ITESM. El proceso productivo de una pieza toma entre tres y cuatro años, y se realiza en cuatro etapas: colecta de juveniles silvestres, preengorda hasta la talla de implante, implante (medias perlas) o injerto (perlas libres), y cultivo para la producción de perlas. El mercado de medias perlas y perlas es actualmente muy competitivo porque se enfrenta a productos de menor precio y calidad importados de China. En el 2007, Perlas Únicas S.A. de C.V. posee más de 250 000 ostras en cultivo y proyecta una producción de 5 000 perlas libres con un peso de 5 kg, y 8 000 medias perlas en este año. El 15 por ciento de estas piezas son gema de alta calidad. En este mismo año, Perlas del Cortez produjo 1 600 medias perlas (tres piezas por individuo) y produjo derivados de concha incluyendo molduras, botones, cremas y jabones. El 10 por ciento de los productos fueron clasificados como gema, el 60 por ciento de calidad buena, 20 por ciento calidad regular y el 10 por ciento no reunieron los estándares de calidad. Las perspectivas de crecimiento de esta industria son excelentes, aunque es necesario aún lograr la diferenciación de los productos por su calidad.

Las especies con alta potencialidad de cultivo en el noroeste de México son la almeja mano de león del Pacífico (*Nodipecten subnodosus*) y el callo de hacha (*Atrina maurae*). Esta potencialidad se ha determinado por su alto valor comercial, sus temperaturas óptimas y letal superior, y su tasa de crecimiento. El precio de la almeja mano de león en el mercado local es de \$EE.UU. 14/kg, y se ha comercializado viva en dólares EE.UU. a un precio de \$EE.UU. 0.9 por pieza (P. Danigo com. pers.). Existe una alta compatibilidad entre las temperaturas registradas en los sitios potenciales de cultivo localizados en la zona Pacífico norte (Laguna Manuela), con la temperatura letal superior de la especie (Sicard *et al.*, 2006) (Figura 5). En esta figura se muestra la frecuencia de los datos de temperatura registrados durante más de un año con termógrafos programados para tomar una lectura cada media hora en Laguna Manuela (latitud 28°05') y en Rancho Bueno (latitud 24°18'). Aquí se aprecia que la temperatura óptima de crecimiento de *N. subnodosus* es más compatible con las temperaturas de Rancho Bueno (localizado en la porción sur de la Península de Baja California) que con las de Laguna Manuela, pero existen en Rancho Bueno registros de temperatura que exceden la temperatura letal superior de la especie, por lo que se ha descartado este sitio para el cultivo de la almeja mano de león. En cambio Laguna Manuela, cuyas condiciones ambientales son representativas de los cuerpos de agua de la zona Pacífico norte de la Península, podría ser el sitio idóneo para el cultivo de esta especie.



ya que todos los datos de temperatura caen dentro del rango de termotolerancia de la especie. Con respecto a la tasa de crecimiento, los datos existentes (Racotta *et al.*, 2003) indican que individuos de 55.9 mm de altura y 5.4 g de masa muscular húmeda cultivados en canastas Nestier fijadas al fondo a una densidad inicial de 300 ind/m<sup>2</sup> y final de 180 ind/m<sup>2</sup>, alcanzarán una altura y masa muscular de 108.3 mm y 54.3 g en un año de cultivo. Las técnicas para su producción incluyen la captación de juveniles silvestres, la cual actualmente se está estudiando en la Laguna Ojo de Liebre Baja California Sur, donde existe el único banco natural que se explota a nivel comercial. Como alternativa está la producción intensiva de juveniles en el laboratorio, la cual ha realizado el CIBNOR y la empresa Marimex del Pacífico S.A. de C.V. con buenos resultados, pero desafortunadamente la producción no se ha mantenido en el tiempo. Posteriormente se realiza la preengorda en canastas Nestier, la cual aparentemente no presenta problemas, y finalmente la engorda la cual se realiza liberando en el fondo de mar los organismos preengordados a 4-6 cm de altura. No se cuenta con datos sobre los resultados de la liberación de organismos en el fondo, sin embargo como alternativa se requiere explorar la tecnología de cultivo en suspensión en linternas.

Con respecto al callo de hacha, el precio del músculo en el mercado local es igualmente elevado, oscilando entre \$EE.UU. 11.8 y 13.8/kg. La temperatura letal superior es de 33.5 °C (Figura 5) lo cual permite su cultivo tanto en regiones subtropicales como en las tropicales. Los datos de crecimiento indican la producción de músculos de 14 g en 20 meses de cultivo (Cardoza-Velazco y Maeda-Martínez, 1997). Estos autores han demostrado el dominio de las técnicas de preengorda en suspensión y engorda en fondo libre con 65 por ciento de supervivencia a una densidad entre 15 y 75 ind/m<sup>2</sup> pero aún existen problemas en la producción de juveniles. Al respecto, un laboratorio de la empresa Sea Farmers S.A. de C.V. fue construido *ex profeso* en Sinaloa México en 2005, y está obteniendo mortandades masivas de larvas lo cual ha impedido la producción sostenida de este insumo. El problema no radica en una elevada susceptibilidad a bacterias patógenas (Luna *et al.*, 2002) sino en la alta hidrofobicidad de las larvas, lo

que provoca que éstas se adhieran a la superficie del agua y a las paredes de los tanques y mueran por desecación y/o inanición. Actualmente se desarrolla en el CIBNOR un proyecto para explicar la hidrofobicidad de las larvas y resolver el problema mediante el desarrollo de prototipos y técnicas específicas.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Como se pudo apreciar, son muchos los esfuerzos que se han hecho para desarrollar el cultivo de bivalvos en México, y es claro que existen obstáculos que están impidiendo que la industria crezca y se desarrolle de manera sostenida como ocurre en otras partes del mundo. Para las costas del Golfo de México, se debería continuar el esfuerzo de incrementar el valor de *C. virginica*, a través de la producción de ostras individuales depuradas y no en racimos como actualmente ocurre. La capacitación de los productores es fundamental además de que es necesario diversificar la producción hacia otras especies de alto valor comercial. Con respecto a la costa del Pacífico, productores e investigadores debemos estar conscientes de que México se localiza en una zona templado-tropical que es afectada por cambios climáticos globales como El Niño y La Niña, y en consecuencia existen variaciones interanuales de temperatura de gran magnitud. Es necesario por lo tanto, continuar los estudios como el presentado en la Figura 5, para hacer una correcta selección del sitio de cultivo, determinando la compatibilidad entre los límites de tolerancia térmica de la especie a cultivar, con las temperaturas del sitio. Entre mayor sea el tiempo (años) de monitoreo de la temperatura con alta frecuencia (cada media hora), mayor certeza habrá en la selección. Existen otros factores que están frenando la acuicultura de bivalvos como la disponibilidad de alimento, la salinidad, la depredación, la ocurrencia de enfermedades por patógenos y parásitos, la falta de personal calificado, la falta de visión empresarial de algunos productores, la falta de vías de comunicación entre las zonas de producción y los centros de población, y la limitada disponibilidad de plantas de procesamiento y empaque de los productos. Sin embargo, la mayor limitante es la falta de juveniles. La gran mayoría de los cuerpos de agua de México cuentan con una elevada productividad primaria y hasta el momento no se han reportado casos en donde la densidad de los cultivos excedan la capacidad de carga del sitio. No obstante este pudiese representar un factor limitante conforme se desarrolle más y más cultivos. Con respecto a la salinidad, este no parece ser un factor limitante en las costas de la península de Baja California por la baja precipitación pluvial, pero si pueden ocurrir eventos de dilución por lluvias y descarga de los ríos desde el estado de Sinaloa hasta Chiapas en el sur. La gran mayoría de los cuerpos de agua de México aún poseen una gran riqueza de especies nativas y por lo tanto, la presión de depredación es elevada. Algunos estudios (Tripp-Quezada, 1985; Maeda-Martínez *et al.*, 1992) han demostrado que la presión de depredación disminuye conforme se incrementa la profundidad del sitio. En México, la acuicultura de bivalvos se ha realizado exclusivamente en zonas someras cercanas a la playa (a excepción del cultivo de mejillón en Baja California), enfrentando en consecuencia una alta presión de depredación, alta variabilidad de los factores ambientales e incluso el efecto de ciclones. Es recomendable explorar las técnicas de cultivo en suspensión a media agua, en las zonas profundas de las bahías mexicanas. El efecto de enfermedades causadas por bacterias, protozoarios y otros parásitos como *Polydora* sp. es un problema que los productores mexicanos tienen que enfrentar. Afortunadamente los programas estatales de sanidad de moluscos bivalvos en el noroeste de México están ahora mejor organizados, y están controlando los movimientos de organismos entre cuerpos de agua y monitoreando la calidad de los productos que salen a los mercados local y extranjero. Existe ya una empresa especializada (Instituto de Sanidad Acuícola, A.C.) en el diagnóstico oportuno de enfermedades en bivalvos y otros organismos acuáticos, la cual está prestando sus servicios a los productores de nuestro país. En México operan escuelas tecnológicas (Institutos Tecnológicos del Mar) que capacitan

personal a nivel técnico en pesca y acuicultura. Las empresas productoras opinan que el nivel de conocimientos teóricos y prácticos del personal que egresa es bajo, y que éstos no tienen la voluntad de ejercer su profesión en las áreas de producción, ya que se encuentran regularmente alejadas de los centros de población. Se requiere por lo tanto incrementar la calidad de los educandos e involucrarlos en proyectos productivos reales durante su formación, para que comprendan mejor la importancia de su función en el proceso productivo. Los productores actuales que están empujando el desarrollo de la acuicultura de bivalvos son en su mayoría empresas privadas. Sin embargo, existen grupos de pescadores que se están convirtiendo gradualmente en acuicultores los cuales requieren capacitación empresarial y organizacional. Por otra parte, debido a la lejanía de las granjas de producción de los centros de población, existe una falta de vías de comunicación que permitan el transporte ágil de personal y del producto hacia los centros de población. En algunas zonas del noroeste del país, no existe la red de frío ni las plantas de procesamiento suficientes que permitan el proceso y empaque del producto con alta calidad. Estos dos factores se irán resolviendo conforme se incremente el número de productores que demanden a los gobiernos la dotación de más servicios. Finalmente, la falta de juveniles está frenando en mayor medida el desarrollo de la acuicultura de bivalvos en México. El gobierno del estado de Sonora en los años 80's del siglo pasado puso el ejemplo de cómo impulsar la acuicultura al construir y operar por cuenta propia el Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora. Este centro por muchos años cubrió la demanda de los productores de *C. gigas* del estado de Sonora y del resto del noroeste del país, lo cual impulsó notablemente el desarrollo de la ostricultura de México. El cambio de gobierno y de la administración del centro, dictó las nuevas reglas consistentes en hacer rentable la operación del mismo y en diversificar la producción hacia otros grupos zoológicos como son las postlarvas de camarón. Estos dos errores marcaron el colapso de la producción. Los laboratorios de producción de juveniles de moluscos deben ser construidos y operados de manera permanente por el gobierno, sin exigir metas de producción fuera de la realidad, ni la rentabilidad del mismo. La función del gobierno debería ser de fomento y una forma de lograrlo es ofertando juveniles de moluscos de calidad. La rentabilidad del laboratorio no está en la recuperación de los costos de mantenimiento y operación del mismo, sino en los miles de empleos que se podrían generar con el surgimiento de más y más empresas de producción de moluscos. Se cuenta con los sitios de cultivo, con las especies, con la demanda de productos en los mercados, con empresas formadas y en formación y el respaldo de instituciones de investigación científica. Solo falta atacar los problemas mencionados con determinación y con el enfoque correcto.

## AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Manuel Mazón y a Jorge Cáceres Martínez por proporcionar gentilmente la información sobre el cultivo de ostión de placer y de ostras perleras respectivamente. Philippe Danigo hizo valiosas aportaciones y revisó la versión final del manuscrito.

## BIBLIOGRAFÍA

- Baqueiro, C.E.** 1984. Status of molluscan aquaculture on the Pacific coast of Mexico. *Aquaculture*, (39): 83–93.
- Beltrán-Lugo, A.I., Maeda-Martínez, A.N., Pacheco-Aguilar, R., Nolasco-Soria, H.G. y Ocaño-Higuera, V.M.** 2005. Physical, textural, and microstructural properties of restructured adductor muscles of 2 scallop species using 2 cold-binding systems. *J. Food Sci.*, (70): 78–84.
- Cardoza-Velazco, F. y Maeda-Martínez, A.N.** 1997. An approach to aquacultural production of the penshell *Atrina maura* Sowerby 1835 (BIVALVIA:PINNIDAE) in northwest Mexico. *J. Shellfish Res.*, (16): 311.

- Cariño, M. y Monteforte, M.** 1995. History of pearl mining in the Bay of La Paz, South Baja California, México (1533-1914). *Gems & Gemology*, (31): 108–126.
- Luna-González, A., Maeda-Martínez, A.N., Sainz, J.C. y Ascencio-Valle, F.** 2002. Comparative susceptibility of veliger larvae of four bivalve mollusks to a *Vibrio alginolyticus* strain. *Dis. Aquat. Org.*, (49): 221–226.
- Maeda-Martínez, A.N., Ormart, P., Polo, V., Reynoso, T., Monsalvo, P., Avila, S. y Espinosa, M.** 1992. The potential predator impact, on bottom cultured Mexican Catarina Scallops (*Argopecten circularis*). World Aquaculture Society Meeting. Aquaculture '92. Orlando Florida, May 21-25. Book of Abstracts 53pp.
- Maeda-Martínez, A.N., Ormart, P., Mendez, L., Acosta, B. y Sicard, M.T.** 2000. Scallop growout using a new bottom-culture system. *Aquaculture*, (189): 73–84.
- Maeda-Martínez, A.N., Cruz, P., Correa, F. y Sicard, M.T.** 2006. Comparative thermotolerance, performance, and genetic variability of two populations of Pacific oyster *Crassostrea gigas*. In: E. Palacios, C. Lora, A.M. Ibarra, A.N. Maeda-Martínez, I. Racotta (eds). Recent Advances in Reproduction, Nutrition, and Genetics of Mollusks. Proceedings of the International Workshop on Reproduction and Nutrition of Mollusks, La Paz, México, 6-9 November, 2006. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Mexico. 66pp.
- Ortíz-Pérez, M.A. y De la Lanza-Espino, G.** 2006. Diferenciación del espacio costero de México: Un inventario regional. Geografía para el Siglo XXI. Serie Textos Universitarios No. 3. Instituto de Geografía, UNAM. 138p.
- Sicard, M.T., Maeda-Martínez, A.N., Lluch-Cota, S.E., Lodeiros, C., Roldán-Carrillo, L.M. y Mendoza-Alfaro, R.** 2006. Frequent monitoring of temperature: an essential requirement for site selection in bivalve aquaculture in tropical–temperate transition zones. *Aquac. Res.*, (37): 1040–1049.
- Tripp-Quezada, A.** 1985. Explotación y cultivo de la almeja catarina *Argopecten circularis* en B.C.S. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar, Instituto Politécnico Nacional, La Paz BCS, México 164p.

# Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa Peruana

**Jaime Mendo**

*Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina  
Lima, Perú  
E-mail: jmendo@lamolina.edu.pe*

**Matthias Wolff**

*Centro para la Ecología Marina Tropical, Universidad de Bremen  
Bremen, Alemania*

**Wilmer Carbajal**

*Instituto del Mar del Perú  
Callao, Perú*

**Isaías González**

*Instituto del Mar del Perú  
Callao, Perú*

**Marie Badjeck**

*Centro para la Ecología Marina Tropical, Universidad de Bremen  
Bremen, Alemania*

**Mendo, J., Wolff, M., Carbajal, W., González, I. y Badjeck, M.** 2008. Manejo y explotación de los principales bancos naturales de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa Peruana. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 101–114.

## RESUMEN

La concha de abanico en Perú en la última década se ha convertido en uno de los moluscos de exportación más importante con fuertes fluctuaciones en los volúmenes desde el inicio de la exportación a inicios de los ochentas. En este trabajo se analizan las tendencias en los desembarques, los volúmenes de exportaciones y las biomassas de concha de abanico en la costa peruana durante las dos últimas décadas, y el rol que juega la ocurrencia de los eventos El Niño y La Niña en la producción de los principales bancos naturales. Los niveles poblacionales de los bancos en especial el de Bahía Independencia, Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra correlacionan muy bien con los desembarques. La productividad de estos bancos es analizada considerando las diferentes estrategias de explotación durante los eventos El Niño 1982–83 y 1997–98 y el posible impacto de las

actividades de cultivo (recolección de semillas y engorde). Los cambios de la dinámica de los bancos de Bahía Independencia e Isla Lobos de Tierra durante los períodos de El Niño y La Niña a lo largo de la costa peruana son presentados y discutidos. Finalmente se presentan algunas consideraciones básicas para la elaboración de un plan de manejo de la concha de abanico bajo condiciones de variabilidad climática y grandes variaciones espacio-temporales en la abundancia.

### ABSTRACT

In Peru over the last two decades, the Peruvian bay scallop has become one of the most important mollusc resources in terms of export with volumes greatly fluctuating since the onset of the export business in the early 1980s. In this study, scallop landings trends, export volumes and stock biomass are analysed for the entire Peruvian coastline and the role of El Niño and La Niña events for the productivity of the principal scallop banks is assessed. The study reveals that scallop landings and stock biomasses are well correlated for the principal banks of Independencia Bay, Lobos de Tierra Island and Sechura Bay. The scallop harvest from these banks was analysed taking into consideration the exploitation strategies used during the El Niño events of 1982/83 and 1997/98 and the possible impact of farming activities ("seed collection and scallop fattening"). Changes in the dynamics of the natural scallop banks in the Bay of Independencia and Lobos de Tierra Island during periods of El Niño and La Niña off the Peruvian coast are presented and discussed. Finally, considerations for the elaboration of a management plan for scallop stocks under conditions of climate variability and great spatio-temporal variations in local abundances are presented.

### INTRODUCCIÓN

La producción de pectínidos en América Latina presenta grandes fluctuaciones originadas por cambios drásticos en el ambiente y la fuerte presión pesquera que se ejerce sobre los bancos naturales. Esta situación ha obligado a mirar a la acuicultura como una alternativa que permitiría recuperar, mantener o eventualmente aumentar la producción de pectínidos (Stotz y Mendo, 2001). Al parecer el desarrollo de la acuicultura luego del colapso de las poblaciones naturales es una realidad a la cual muchos científicos y administradores se ven resignados a aceptar, en un contexto en el que el manejo de poblaciones naturales es ineficaz y frustrante. Ello ocurre en especial con especies que presentan grandes fluctuaciones en sus poblaciones.

Una de estas especies que ha presentado grandes fluctuaciones en su producción y los más altos desembarques es la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la costa peruana, cuyas fluctuaciones en el desembarque se deben principalmente a fuertes reclutamientos originados por el fenómeno El Niño 1982/83 y 1997/98 (Wolff, 1988; Mendo y Wolf, 2002). El gran incremento poblacional durante estos eventos ocurrió principalmente en la zona de Pisco y específicamente en la Bahía Independencia. Sin embargo, el efecto de El Niño o La Niña en otras zonas de la costa peruana no está bien documentada. Actualmente, bajo condiciones frías en las aguas costeras de Perú, los desembarques se han incrementado considerablemente en la zona norte del país en especial en la Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra debido al incremento de los niveles poblacionales en sus bancos. Este incremento en la producción en la zona norte durante épocas frías actuales sugiere una alternancia geográfica en la producción de concha de abanico en la costa peruana que podría ser aprovechada para tener una producción sostenida.

En este contexto, este trabajo analiza la información disponible sobre la normatividad vigente, desembarques, niveles poblacionales y el impacto de la variabilidad climática sobre la producción y propone algunas estrategias que mejoren el aprovechamiento y

por ende la sostenibilidad de la producción de este recurso, considerando los cambios espacio-temporales en la productividad del recurso a lo largo de la costa peruana.

## MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

La pesquería de concha de abanico en el Perú se desarrolló en los años 1950, mientras que las primeras experiencias de cultivo se llevaron a cabo en 1979 (Valdivia y Benites, 1984). Actualmente es la pesquería de invertebrados más importante y representa el 41 por ciento de los productos acuícola exportados en el 2005 (PROMPEX, 2006). Las normas fundamentales que regulan estas actividades son la Ley General de Pesca (LGP) de 1992 y la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura (LPDA) del 2001 con sus respectivos reglamentos.

La LGP forma la base para la explotación de los recursos pesqueros en el Perú. De acuerdo a esta ley los recursos acuáticos son de patrimonio de la nación y a través de ella se fomenta la amplia participación de personas naturales o jurídicas peruanas en la actividad pesquera. Esta ley no considera territorialidad en la extracción de recursos por lo que la pesquería peruana puede ser considerada de acceso libre. Solo se ha normado el uso exclusivo de la franja de las primeras 5 millas para la pesca artesanal.

De acuerdo a la LGP la administración del sector debe establecer un sistema de ordenamiento según el tipo de pesquería y la situación de los recursos. Este sistema debe considerar según sea el caso, regímenes de acceso, captura total permisible, magnitud del esfuerzo de pesca, períodos de veda, temporadas de pesca, tallas mínimas de captura, zonas prohibidas o de reserva, artes, aparejos, métodos y sistemas de pesca, así como las necesarias acciones de monitoreo, control y vigilancia.

En el caso de la concha de abanico no existe un sistema o plan de ordenamiento de su pesquería para la preservación y explotación racional de los bancos. Las pocas normas establecidas para ello se refieren a la talla mínima legal en 65 mm de altura y a restricciones para la pesca mediante vedas, como hace poco se aplicó para el banco de Isla Lobos de Tierra frente al inminente colapso de su población. Sin embargo, no existe un sistema de control y vigilancia estricto que permita la aplicación efectiva de estas normas. Ello se complica aun mas cuando se promueve las actividades de cultivo de esta especie a través de normas que merman la posibilidad de realizar un severo control de la extracción de la concha de los bancos naturales, como se verá mas adelante.

La LPDA establece dos modalidades para realizar actividades de cultivo: a través de concesiones (siembra en fondo o suspendido) y autorizaciones (poblamiento y repoblamiento con fines sociales). En la Reserva Nacional de Paracas donde se encuentra la Bahía Independencia solo se otorgan «concesiones especiales» a pescadores artesanales y para cultivo suspendido. El Cuadro 1 muestra las diferentes modalidades de acceso a la acuicultura, así como los principales problemas que se presentan.

La estructura política para la toma de decisiones en el sector pesquero está dividida en dos niveles: nacional y regional. El Perú desde el 2002 está dividido en 25 regiones con su respectivo gobierno regional. El Ministerio de la Producción con su Vice Ministerio de Pesquería es la principal entidad que gobierna el sub-sector pesquero con el asesoramiento científico del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Las diferentes direcciones del Vice Ministerio de Pesquería (acuicultura, pesca artesanal, medio ambiente y control y vigilancia) tienen sus respectivas dependencias y competencias en oficinas regionales. Aun cuando existen estas dependencias a nivel regional los procesos de manejo se mantienen centralizados en la capital. Las organizaciones de pescadores artesanales y su capacidad de gestión son débiles a pesar que existe una organización a nivel nacional (Federación de Integración y Unificación de los Pescadores Artesanales del Perú – FIUPAP) que en principio representa e integra a todas las organizaciones de la costa peruana. A nivel local las organizaciones de pescadores artesanales se han incrementado debido a que solo a través de asociaciones registradas los pescadores pueden acceder a áreas para el cultivo

**CUADRO 1**  
**Modalidades de acceso a la actividad de acuicultura según las normas vigentes**

Modalidad de acceso	Objetivo	Limitaciones por ley	Problema
Concesiones	Para persona naturales. Hasta 30 años renovables	No deben interferir con otras actividades	Conflictos de uso de área entre pescadores y con empresas. Uso semilla de bancos
Autorizaciones	Para comunidades y organizaciones de pescadores. Hasta 10 años renovables.	Complemento de ingresos económicos Max. 100Has.	Uso de semillas de bancos
Concesiones Especiales	Para pescadores en Reserva. Cultivo suspendido y hasta 3 años renovables.	Prohibición de cultivo de fondo y traslado de semilla de bancos fuera o adentro de la reserva	Pescadores no tienen el capital financiero para el cultivo suspendido.
Áreas de manejo	Para pescadores artesanales Con fines de administración y manejo acuícola		No está reglamentada

de concha de abanico. Existe muy poca cohesión entre las diferentes asociaciones quienes compiten por dichas áreas.

## PESQUERÍA Y TENDENCIAS EN LA PRODUCCIÓN

### Flota

La pesquería de la concha de abanico se lleva a cabo con buceo semi autónomo en embarcaciones mayormente de madera de aproximadamente 26 pies de eslora y provistas de una compresora que provee de aire a los buzos. Una de las zonas tradicionalmente más importantes y que ha experimentado un gran incremento de su flota y de pescadores es la zona de Pisco. Ello debido a la gran abundancia, además de concha de abanico, de otros invertebrados comerciales como el choro (*Aulacomya ater*), la navaja (*Ensis macha*), el caracol (*Thais chocolata*), el pulpo (*Octopus mimus*), el cangrejo peludo (*Cancer polyodon*), el erizo (*Lexochinus albus*), entre otros.

En esta zona se ha estimado que el 39 por ciento de los 3 059 pescadores artesanales se dedican a la pesca de buceo y representa el 46 por ciento de la flota (Mendo *et al.*, 2005). El tamaño de la flota está variando en esta y otras zonas de la costa peruana de acuerdo a la disponibilidad y abundancia de los recursos. Los pescadores migran con sus embarcaciones o compresoras ya sea por tierra o por mar a los lugares donde los recursos son mas abundantes y un ejemplo de ello fue durante El Niño 1982/83 cuando se observó que el número de embarcaciones en la zona de Pisco incremento de 80 a 1 500 (Morales, 1993). Algo similar sucedió con el Niño 1997/98 aunque en esta ocasión los pescadores se agruparon en asociaciones para extraer la concha de los bancos naturales y engordarlas en áreas protegidas cercanas a la costa. Entre 1998 y 2000 en Bahía Independencia existieron 14 organizaciones formales (550 pescadores y 144 botes) mientras que 36 fueron informales (1 631 pescadores y 414 botes) (Proleon y Mendo, 2002).

La abundancia de concha de abanico ha concentrado a pescadores de buceo en otras zonas y años. En los últimos años los pescadores se han concentrado en la zona de la Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra que tradicionalmente no se han caracterizado por tener una pesquería de buceo. Luego de El Niño 82/83 y 97/98 frente a la escasez de mariscos en la zona Sur y a la aparición de este recurso de manera muy abundante, los pescadores migraron a estas zonas e introdujeron este tipo de pesquería. Badjeck *et al.* (2007) estiman que en el 2005 esta pesquería representaba el 37.5 por ciento de la flota pesquera artesanal (450 embarcaciones) comparado al 19 por ciento en 1995 (144 embarcaciones). Desde hace varios años muchos pescadores de Pisco se han

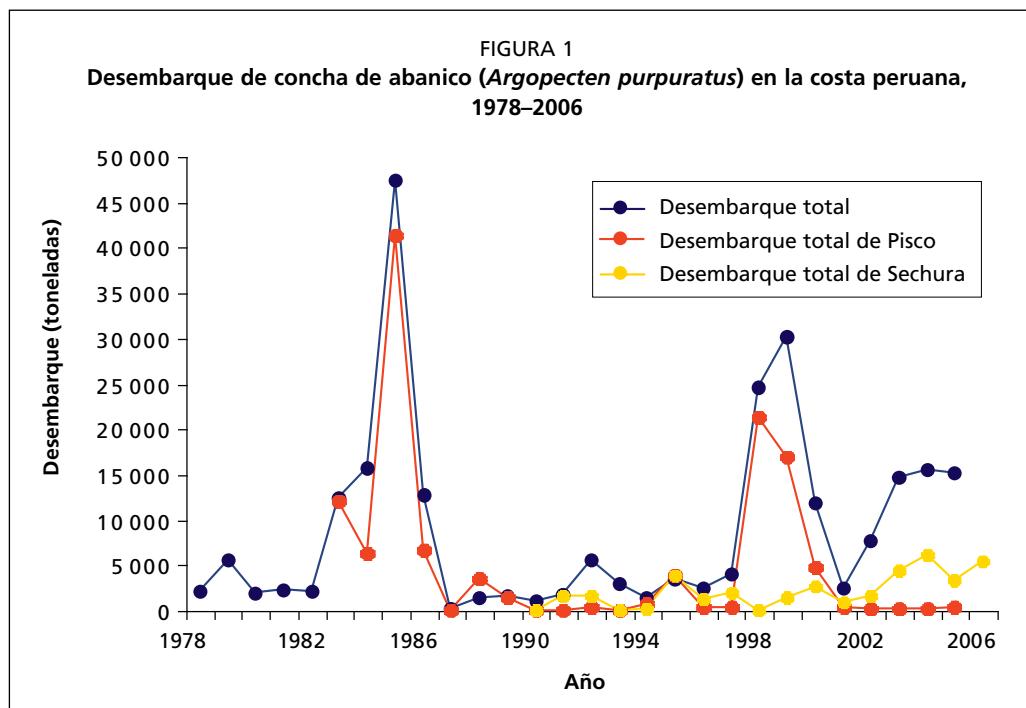
establecido con sus familias en la zona de Sechura, aunque es posible que en cualquier momento, frente a la disminución de este recurso en el norte o un aumento de las poblaciones bajo condiciones de El Niño en el sur, vuelven a migrar.

### Desembarque, cosecha y exportaciones

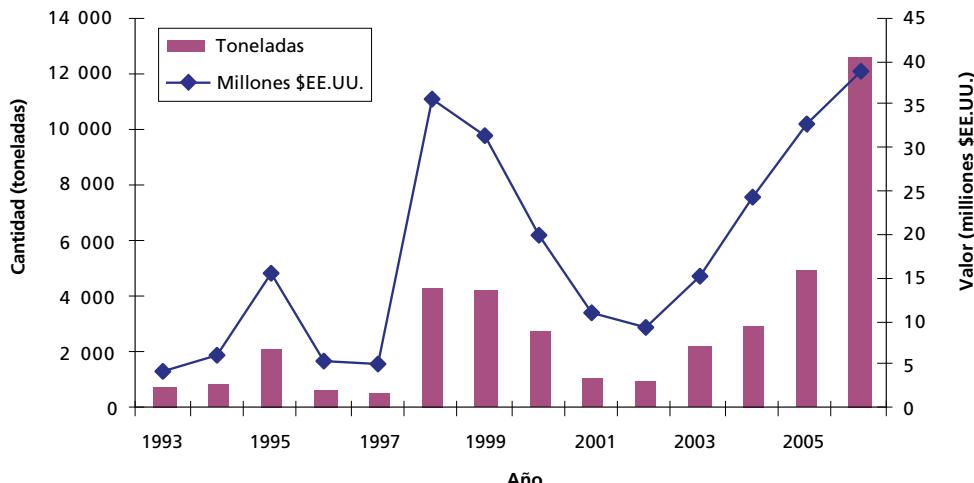
Los desembarques anuales de concha de abanico en la costa peruana muestran grandes fluctuaciones (Figura 1) que correlacionan muy bien con la ocurrencia del fenómeno El Niño 1982–83 y 1997–98. Antes de los ochenta los desembarques apenas sobrepasaban las 5 000 toneladas, se incrementaron hasta mas de 48 000 toneladas en 1985. Ello se debió a un efecto combinado del incremento de la población de concha de abanico en la zona de Pisco y a la gran demanda del mercado internacional a partir de mediados de 1983; ello originó el primer «boom de concha de abanico» en el Perú. A partir de 1987 hasta el año 1997 los desembarques decrecieron a los mismos niveles de antes de los ochenta y en 1998 se incrementan nuevamente hasta 30 000 toneladas en 1999 debido a la ocurrencia de un fenómeno El Niño tan intenso como en 1982. Este segundo «boom» termina en el 2000, y a partir de este año nuevamente se inicia un incremento en los desembarques provenientes de otras zonas y en especial de Isla Lobos de Tierra y Bahía de Sechura. Aun cuando las estadísticas de desembarque presentan cierto sesgo en relación al origen real de las capturas debido al masivo traslado de semilla de la zona norte a otras zonas de la costa peruana, en la Figura 1 es posible observar el gran aporte de Bahía de Sechura a partir del 2002. La pesquería de concha de abanico en Sechura se inicia con la llegada de pescadores de la zona Sur durante los primeros años de los noventa. Entre 1994 y 1997 la pesquería experimenta un «boom» que origino un incremento del esfuerzo pesquero de hasta 500 botes (Tafur *et al.*, 2000).

Los datos de exportación disponible muestran que a partir del 2001/2002 las exportaciones incrementaron desde aproximadamente 1 000 toneladas (aprox. 5 millones dólares EE.UU.) hasta casi 13 000 toneladas de producto (aprox. 40 millones de dólares EE.UU.) en el año 2006 (Figura 2).

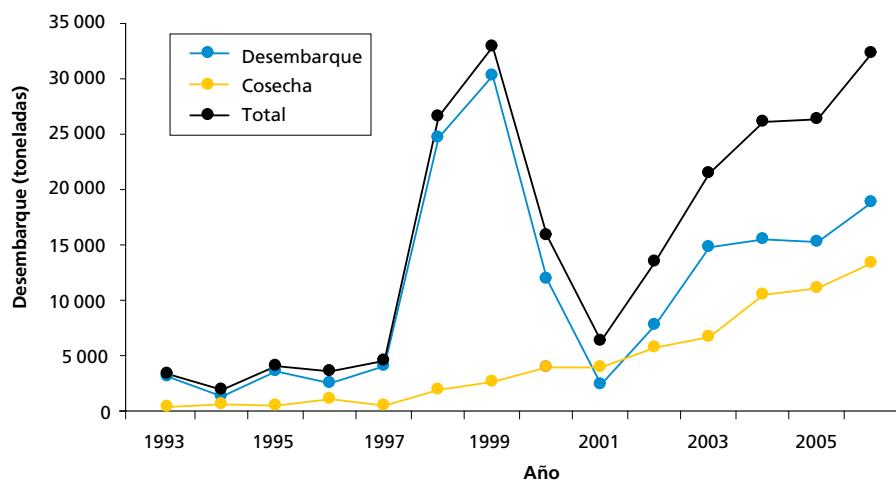
De acuerdo a los datos del Ministerio de la Producción, las cosechas provenientes de las áreas de cultivo evidencian un constante crecimiento y no muestran las fluctuaciones observadas en los desembarques. Considerando que la exportación de concha esta supeditada a la habilitación sanitaria de las áreas de cultivo, las exportaciones deberían



**FIGURA 2**  
**Volumenes y valor de las exportaciones anuales de concha de abanico en el Perú**



**FIGURA 3**  
**Desembarque y cosecha de concha de abanico en la costa peruana, 1993–2006**



tener las mismas tendencias que las cosechas. Sin embargo, ello no ocurre y más bien presenta las mismas tendencias que los desembarques (Figura 3), lo cual sugiere que el cultivo y por lo tanto la exportación de concha de abanico se sustenta en gran medida en el engorde de semillas proveniente de los bancos naturales.

### PRINCIPALES BANCOS

Los bancos naturales más importantes, es decir, áreas donde tradicionalmente existe asentamiento de larvas y por lo tanto el reclutamiento de concha de abanico de manera intermitente o fluctuante de acuerdo a las condiciones ambientales, se encuentran en la Bahía de Sechura, Isla Lobos de Tierra, Isla Blanca, Bahía de Samanco, Los Chimus, Las Salinas, Guaynuma, Tortugas, Bahía Independencia, Bahía de Paracas, Lagunillas, Isla San Lorenzo, Isla El Frontón, entre otros (Figura 4). Sin embargo, por la gran productividad que presentan los bancos de Bahía Independencia en la zona de Pisco y

de la Bahía de Sechura y Lobos de Tierra en Sechura actualmente son considerados los más importantes en la costa peruana. Algunos bancos mencionados arriba han sido asignados a empresas privadas como concesiones para el cultivo con la consecuente restricción de la extracción por parte de la pesca artesanal. Este es el caso de los bancos en la zona de Casma, actualmente con la más alta producción de concha de abanico en América Latina.

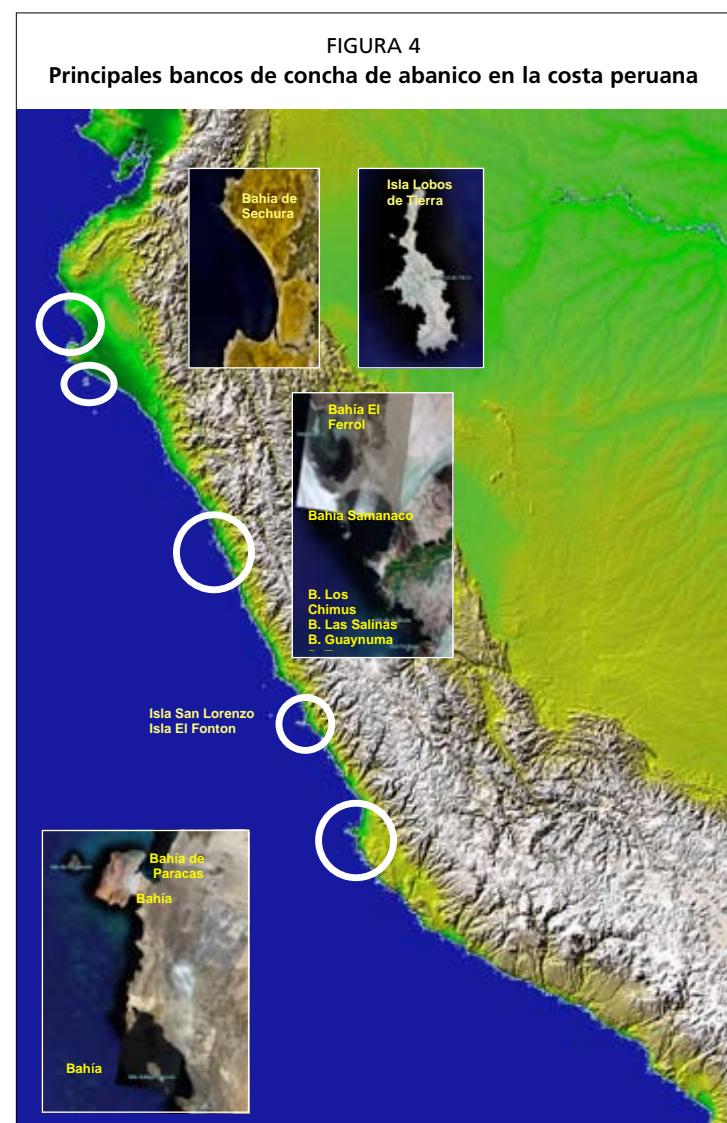
La mayoría de los bancos en los últimos años han sido sometidos a una fuerte presión pesquera con la finalidad de obtener semillas para las áreas de engorde ya sea en concesiones o áreas de repoblamiento. Con ello se ha logrado incrementar la producción después de El Niño y a la vez los stocks de concha de abanico se habrían homogenizado genéticamente en algunas zonas de la costa peruana. Dos bancos que al parecer no han sido sometido a siembras de conchas provenientes de bancos distantes, son el banco de Bahía Independencia por estar en una Reserva y el banco de Isla Lobos de Tierra que debido a su gran productividad y lejanía de la costa solo se convirtió en la fuente de semillas para muchas zonas de engorde en la costa peruana. La Bahía de Sechura también ha sido usada como zona de acopio de semillas de Isla Lobos de Tierra por parte de pescadores artesanales y empresas privadas, por lo que se debe tener cuidado en el uso de información relacionada con desembarques o biomasa del banco de esta Bahía, por lo menos de los últimos años.

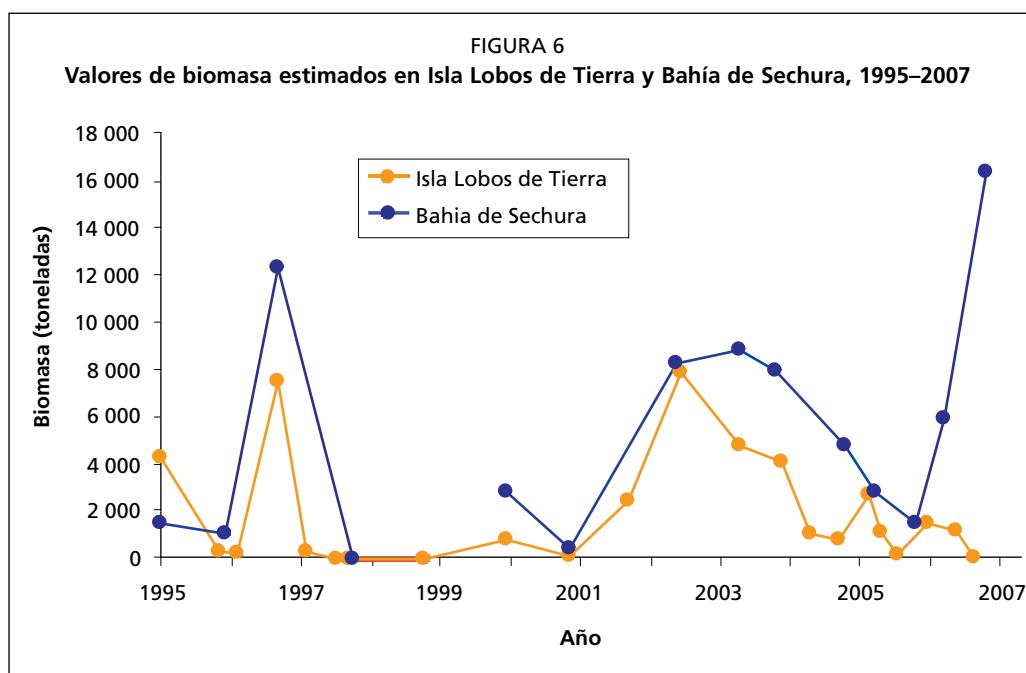
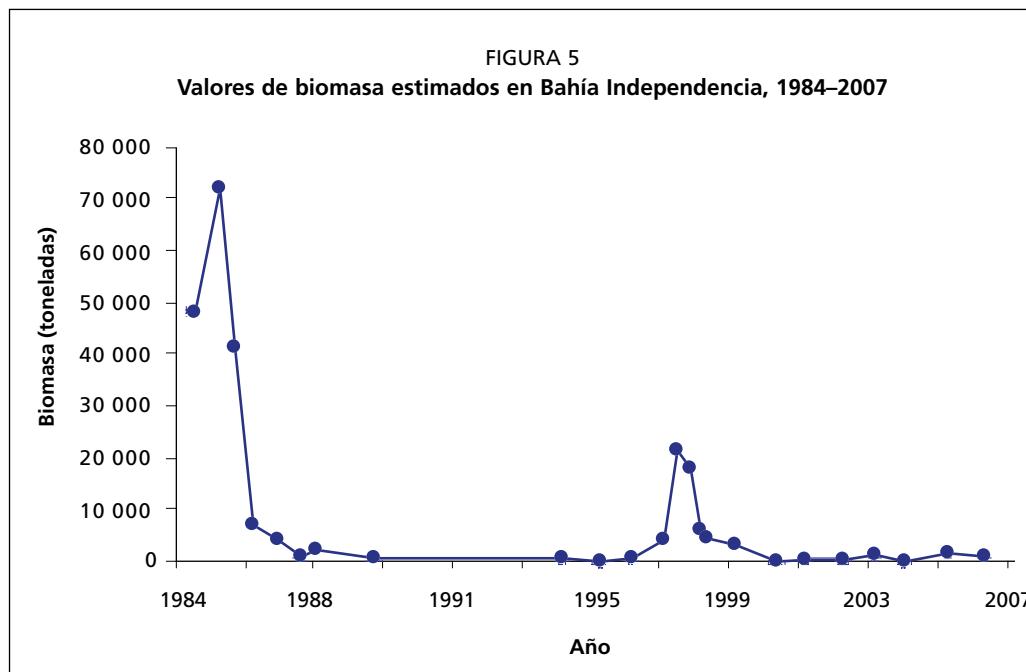
### NIVELES POBLACIONALES DE LOS BANCOS MÁS IMPORTANTES

A continuación se analiza la información obtenida por IMARPE en las evaluaciones realizadas en los bancos de Bahía Independencia, Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra, los bancos más productivos en la costa peruana.

Las estimaciones de número y biomasa de concha de abanico en el banco de Bahía Independencia muestran una buena concordancia con los desembarques (Figura 5) con los más altos valores durante El Niño 1982–83 y 1997–98. Las biomassas más altas fueron estimadas en 1985 y 1999 con más de 70 000 y 20 000 toneladas, respectivamente y claramente se observa una menor productividad del banco durante El Niño 1997–98 que con El Niño 1982–83.

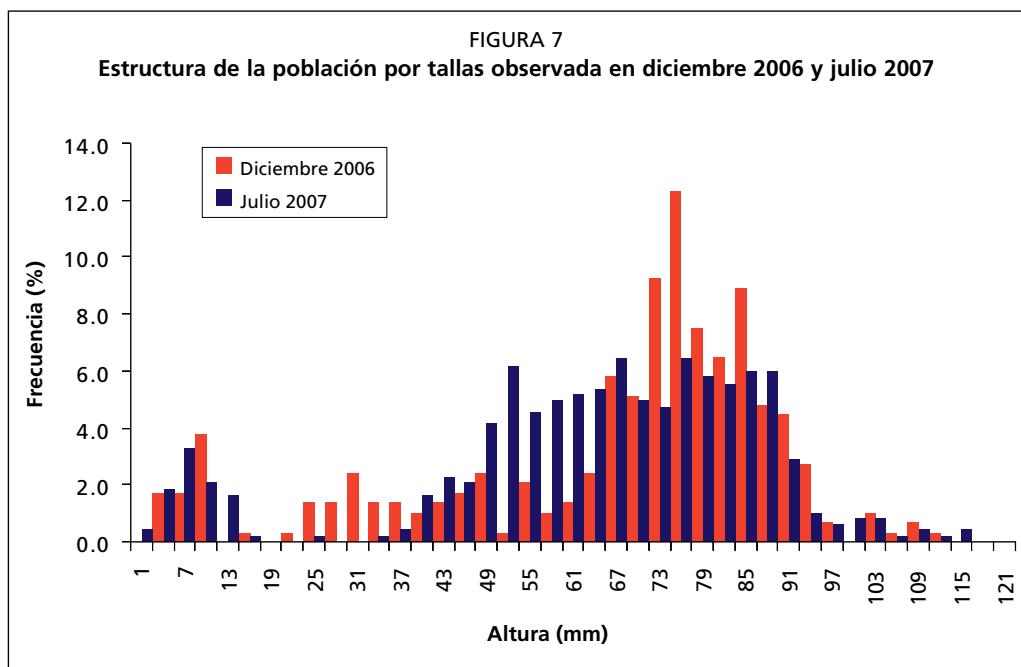
Este y otros bancos de la zona centro y sur de la costa peruana históricamente han sido favorecidos por el calentamiento de las aguas, aunque en algunos casos como en la Bahía de Tortugas la disminución de la salinidad y el incremento de sedimentos por





la descarga de los ríos pudieron haber causado la mortalidad masiva del banco en 1998 (com. pers. Pescadores).

La Figura 6 muestra la variación de la biomasa de concha de abanico en la Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra y en ella se puede observar casi las mismas tendencias en los valores de biomasa estimada para el período 1995 al 2006 a excepción de la evaluación en el 2007 que presenta a la Bahía de Sechura con un valor mucho más alto que en Isla Lobos de Tierra. Este incremento explosivo de la biomasa en Sechura probablemente se deba al traslado de semilla desde la zona de Chimbote y Casma (Gerardo Guerrero com. pers.). La estructura de tallas de las dos últimas evaluaciones (diciembre 2006 y julio 2007) en Sechura no permite explicar este incremento basado en el crecimiento de cohorte en el 2006 o la incorporación de una nueva cohorte tal como se puede apreciar en la Figura 7. Una explicación para este crecimiento en biomasa en julio 2007 sería la siembra de semilla en la Bahía proveniente de otras zonas.



### EL IMPACTO DE EL NIÑO Y LA NIÑA: ALTERNANCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS BANCOS

El Niño en Perú está caracterizado por el incremento de las temperaturas y del nivel del mar así como también por fuertes lluvias en la zona norte del país. De 1950 al 2003 se han presentado 8 eventos de diferente intensidad y los más fuertes durante 1982–83 y 1997–98. Durante el mismo periodo igualmente se han presentado 8 eventos fríos (La Niña) con mayor intensidad en los primeros años del presente siglo (Wang y Fiedler, 2006).

#### El caso de Bahía Independencia

En Pisco la temperatura durante los eventos fuertes se incrementa hasta en 9 grados Celsius y las condiciones de oxígeno en las aguas de fondo mejoran. Ambos cambios afectan grandemente la dinámica de la población de concha de abanico incrementando las tasas de crecimiento y el reclutamiento así como la capacidad de carga de las Bahías (Wolff y Mendo, 2000; Mendo y Wolf, 2003). Las conchas en años normales alcanzan la talla comercial (65 mm) en uno o uno y medio años, durante El Niño lo hace en seis a doce meses. Por otro lado los eventos fríos tienen un impacto negativo en el desove y el reclutamiento (Wolff *et al.*, 2007) lo cual se traduce en una disminución del stock de los bancos y por lo tanto en una disminución de los desembarques como se mostró anteriormente. Mendo y Wolff (2003) sugieren que el aumento del stock de concha de abanico es debido al efecto combinado de: (1) incremento en la actividad reproductiva a través de una aceleración de la maduración y un incremento de la frecuencia de desove; (2) acortamiento del período larval e incremento en la supervivencia larval; (3) incremento en el rendimiento en crecimiento individual; (4) incremento en la supervivencia de juveniles y adultos debido a la reducción de la biomasa de predadores; (5) incremento en la capacidad de carga de los bancos de conchas debido a elevados niveles de oxígeno. Adicionalmente de estos autores sugieren que estos efectos combinados solo se dan si existen condiciones favorables de temperatura por varios meses y especialmente durante la época de maduración gonadal y desove tal como sucedió en los años 1983 y 1998. Aun cuando en 1992 se registró un periodo de calentamiento de la columna de agua este no originó un aumento masivo de la población de concha de abanico en la bahía debido a que la duración de este calentamiento fue muy corta.

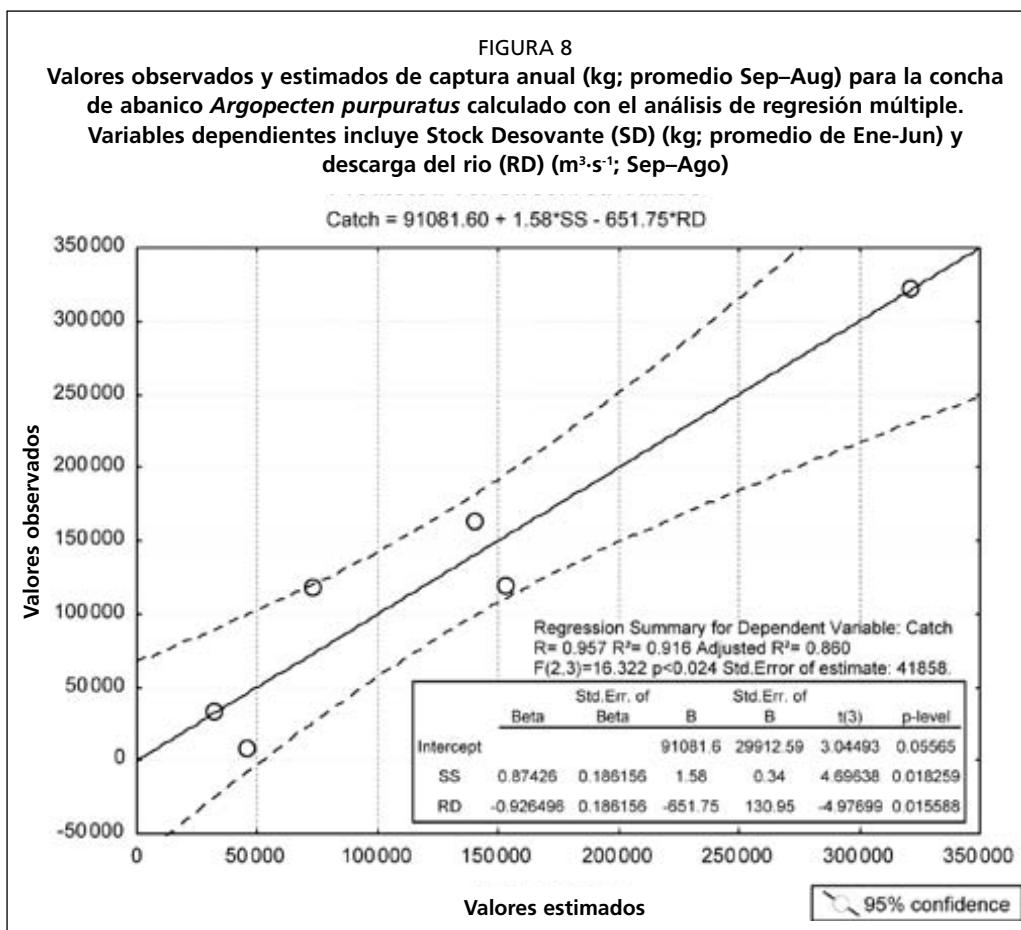
Sin embargo, queda la interrogante ¿porqué ambos eventos El Niño fuertes no causaron el mismo incremento en la producción de concha de abanico en Bahía Independencia? a pesar de las altas densidades de juveniles registradas al inicio de ambos eventos. En varios trabajos se explica este hecho en base a las diferentes estrategias de explotación aplicada al recurso durante la ocurrencia de ambos eventos que considera el inicio e intensidad de la pesca, tallas de extracción y el traslado de semilla de los bancos a otras áreas de engorde (Wolff y Mendo, 2000; Mendo y Wolff, 2002; Mendo y Wolff, 2003; Proleón y Mendo, 2002). Durante el evento El Niño 1983/84, la concha de abanico de Bahía Independencia no fue explotada hasta Agosto de 1983, cuando la mayoría de las conchas ya habían crecido a tamaños >70 mm (Wolff, 1988). A partir de entonces, aun cuando la biomasa fue reducida fuertemente por la pesquería, continuaron los pulsos fuertes de la población en los años 1984 y 1985 debido a la existencia de una biomasa desovante alta en el cohorte original de 1983. Durante el ultimo evento fuerte de El Niño en 1998 la figura fue diferente a 1983: la concha de abanico fue colectada tan pronto aparecían los nuevos reclutas en los bancos y el esfuerzo de pesca aplicado fue enorme (Wolff y Mendo, 2000; Mendo y Wolff, 2002). Como un resultado de esta sobreexplotación por crecimiento, la biomasa del stock no se incrementó como durante 1983 a pesar de las altas densidades de reclutas existentes ( $>300/m^2$ ) en Junio de 1998 (Mendo y Wolff, observaciones de buceo).

### El caso de Sechura/Isla Lobos de Tierra

En la Bahía de Sechura y en la Isla Lobos de Tierra, de acuerdo a los datos de desembarque y biomasa, durante El Niño la producción en los bancos disminuye drásticamente y se incrementa durante los años fríos (Figuras 1 y 6). La suma de las biomassas máximas alcanzada en el periodo del 2000–06 en ambos bancos es de aproximadamente 18 000 toneladas, y considerando un valor de la tasa de renovación poblacional (P/B) de 2 estimado por Stotz y González (1997), esta biomasa podría haber producido 36 000 toneladas. Nuevamente el gran esfuerzo aplicado originó el colapso de ambos bancos.

Los bajos desembarques y biomassas de concha de abanico en la Bahía de Sechura en 1997–98, se atribuye a mortalidades masivas originado por la descarga de los ríos que muy probablemente disminuye la salinidad, más allá de los rangos de tolerancia de las conchas? e incrementa las tasas de sedimentación que limitan la filtración de partículas alimenticias. Durante El Niño 1997–98 las precipitaciones acumuladas en la ciudad de Piura fue treinta veces mayor que en años normales (Takahashi, 2004) incrementando las descargas del río Piura en la Bahía de Sechura cuatro veces mas que lo normal. Pocos estudios se han llevado a cabo sobre el impacto de la fase fría de ENSO sobre la pesquería de concha de abanico en Sechura; recientemente Taylor *et al.* (2007) han desarrollado un modelo que muestra una correlación inversa significativa entre el stock desovante y la descarga del río (Figura 8).

La alternancia de la producción de los bancos se presenta como un desafío para el manejo y sostenibilidad de la pesquería de concha de abanico en la costa peruana. El conocimiento acumulado sobre la zona de Pisco ha permitido plantear algunas medidas de manejo que de implementarse mejoraría la producción de los bancos y además permitiría que las actividades de cultivo se desarrolle a través del aprovisionamiento permanente de postlarvas para la captación de semillas. Aun cuando es necesario conocer mejor los procesos que regulan la producción del banco en Sechura e Isla Lobos de Tierra, es posible ya plantear algunas medidas que permitan mantener la pesquería por el mayor tiempo posible durante los 10 o 15 años que normalmente no se presenta un evento de El Niño fuerte.



## CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA EXPLOTACIÓN SOSTENIDA DE LOS BANCOS

Las propuestas de manejo y necesidades de investigación y monitoreo que a continuación se presentan son el producto del análisis de información colectada y publicada hasta ahora y del conocimiento obtenido durante los talleres llevados a cabo tanto en la zona de Pisco como Sechura con la participación de pescadores, empresarios, administradores y académicos auspiciados por el proyecto CENSOR (*Climate variability and El Niño Southern Oscillation: Implications for natural coastal resources and management*). Estas propuestas tuvieron como meta principal manejar el recurso de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) de tal forma que la población mantenga su integridad, permita una cosecha en forma óptima y sustentable sin afectar a la funcionalidad del ecosistema, y que contribuya al desarrollo socioeconómico de la región. Información sobre reportes de talleres y sobre el proyecto se puede ver en [www.censor.name](http://www.censor.name). A continuación se presentan las diferentes propuestas que contribuirán a mejorar la sostenibilidad de la producción de los bancos.

1. La administración encargada del manejo de los recursos debería considerar el impacto de la variabilidad climática que incluye El Niño/La Niña sobre la producción de concha de abanico en el análisis, identificación e implementación de medidas o estrategias de manejo. Los efectos del clima sobre la producción de los bancos de concha de abanico debe ser analizada de una manera global en toda la costa peruana para aprovechar la alternancia en la producción de los mismos.
2. Es necesario que en esta tarea sean considerados los intereses y necesidades socioeconómicas de todos los usuarios involucrados, para poder asignar el recurso en forma justa. Para ello se sugiere aplicar métodos participativos para lograr un

consenso entre usuarios (empresarios y pescadores artesanales) principalmente en el tema del acceso a la pesca en áreas con concesiones.

3. La formación de metapoblaciones es un tema crucial para entender en cada zona o región la dinámica de la producción de los bancos y la identificación de bancos «madre» que asegura el aprovisionamiento de larvas para la formación de otros bancos. En este sentido estudios de deriva larval y corrientes son aspectos básicos para la construcción de modelos de dispersión larval. En este contexto se podrá explorar por ejemplo la conexión entre los bancos de Isla Lobos de Tierra y Bahía de Sechura.
4. Tanto en el banco de concha de abanico de la Bahía de Sechura como Isla Lobos de Tierra se debe realizar una delimitación geográfica que considere áreas de repoblamiento, área intangible con fines de investigación (área marina protegida) y área de extracción comercial. Esta delimitación debe realizarse sobre la base de información biológica, ecológica y productiva del banco.
5. Mantener un nivel óptimo de cosecha sustentable considerando la dinámica poblacional del recurso. Ello implica tener un sistema de monitoreo tanto de parámetros poblacionales como de captura y esfuerzo, así como el establecimiento de áreas de reservas genéticas. La extracción de semillas de los bancos debe ser prohibida o en épocas de excepcional abundancia regulada considerando criterios netamente técnicos. Ello significa también considerar la determinación de una biomasa mínima que originen buenos reclutamientos.
6. Promover prácticas de engorde/cultivo, que reduzcan los costos y que ayuden en la protección del hábitat. Para ello es importante determinar la técnica de siembra y las densidades adecuadas que permitan maximizar el beneficio económico, y el impacto de la extracción de predadores de concha de abanico sobre la estructura y diversidad del ecosistema.
7. Aplicar el enfoque ecosistémico y precautorio para el manejo a través de la construcción de modelos eco tróficos y determinar la capacidad de carga física y productiva de las bahías. Para ello es necesario diseñar e implementar un sistema de monitoreo de parámetros abióticos, ecológicos, pesqueros y socio-económicos y crear una base computarizada de acceso público. Es sumamente importante crear un sistema de acopio de información de datos de captura y esfuerzo en los diferentes bancos de la costa peruana.
8. Implementar técnicas de producción de semillas aprovechando la oferta natural de post larvas mediante la ejecución de un proyecto piloto de captación de larvas con colectores artificiales con la participación de pescadores artesanales y empresarios.
9. Identificar y promover el uso de técnicas para reducir la entrada de contaminantes a la bahía y así mejorar la calidad del agua y optimizar la producción de la concha, incluyendo el aspecto sanitario. Para ello se propone identificar y aplicar tecnologías limpias que permitan industrializar los desechos de las fábricas en áreas terrestres, reducir la contaminación antropogénica a través de la instalación de módulos sanitarios en los lugares críticos de las zonas y establecer un monitoreo exhaustivo de los orígenes del producto destinado para la exportación («trazabilidad»).
10. Analizar y evaluar la normatividad vigente y fortalecer el proceso del cumplimiento de normas que promueven el uso y la protección óptima del recurso. En este contexto es necesario evaluar técnicamente el derecho de exclusividad sobre el área acuática marítima y las especies en las áreas de repoblamiento, el tamaño del área por pescador y asociación, la extracción y traslado de semillas, otras modalidades o medidas administrativas de uso y explotación de los recursos por parte de los pescadores artesanales. Finalmente es necesario analizar y actualizar las leyes y sus reglamentos que rigen la actividad de extracción y de cultivo.

11. Fortalecer las instituciones involucradas en la actividad de extracción y cultivo de la concha. Para ello se debe elaborar un programa de capacitación y entrenamiento técnico en el manejo de las áreas de repoblamiento, bancos naturales y captación de semillas así como promover e incentivar la formalización de grupos de pescadores a través de asesoría y apoyo en la gestión institucional. También sería importante evaluar la factibilidad de la formación de una base institucional única de pescadores-marisqueros que defienda sus intereses a nivel regional así como identificar estrategias legales y políticas que conduzca a una mayor autonomía en la toma de decisiones al nivel regional.

## NECESIDADES DE COOPERACIÓN

A nivel nacional sería muy oportuno establecer vínculos de cooperación entre las universidades y las instituciones encargadas de la administración de los recursos con el fin de llevar a cabo líneas de investigación y monitoreo en las diferentes regiones del país de manera simultanea. Por otro lado considerando la importancia de manejar los bancos de una manera sustentable sería recomendable la realización de un taller a nivel latinoamericano para analizar el estado del arte de los recursos bentónicos costeros en América Latina.

El uso de áreas para manejo, explotación, y cultivo de moluscos por parte de los pescadores artesanales debería igualmente ser discutido tanto a nivel nacional como latinoamericano integralmente desde el punto de vista biológico, ecológico, legal, político y socioeconómico con la participación de todos los actores. Asimismo la necesidad de implementar áreas marinas protegidas para los bancos de pectínidos y el establecimiento de una red para el intercambio de experiencias debe ser abordada como una acción prioritaria en los diferentes países de América Latina.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado y conducido en el marco del Proyecto-EU CENSOR (Climate variability and El Niño Southern Oscillation: Impacts for natural resources and management, contract 511071) y es una publicación CENSOR Nro. 0361.

## BIBLIOGRAFÍA

- Badjeck, M.C., Mendo, J., Wolff, M. y Lange, H.** 2007. Climate variability and the Peruvian scallop fishery: the role of formal institutions in resilience building. (manuscrito), 26 p.
- Mendo, J., Badjeck, M.C., Wolf, M. y Taylor, M.** 2006a. Informe del Seminario El manejo de la concha de abanico: desafíos y perspectivas. Pisco, 17 de Marzo 2006. CENSOR. [http://www.censor.name/pagev2/fileadmin/docs/publications/Report\\_Seminario\\_Pisco\\_March\\_2006.pdf](http://www.censor.name/pagev2/fileadmin/docs/publications/Report_Seminario_Pisco_March_2006.pdf). Accessed 15 May 2007.
- Mendo, J., Badjeck, M.C. y Wolf, M.** 2006b. Informe del Taller CENSOR-PASARELAS: Las áreas de manejo como una Herramienta para el manejo de recursos costeros en Chile. Concepción, Chile del 7 al 8 de Septiembre 2006. CENSOR. [http://www.censor.name/pagev2/fileadmin/docs/publications/Informe\\_del\\_Taller\\_Censor-Pasarelas.pdf](http://www.censor.name/pagev2/fileadmin/docs/publications/Informe_del_Taller_Censor-Pasarelas.pdf). Accessed 31 May 2007.
- Mendo, J., Fernández, E., Orrego, H., Rojas, J.C., Valencia, P.F. y Solano, A.** 2002. Bases técnicas y marco legal para la implementación de áreas de manejo de recursos hidrobiológicos en la costa peruana. USAID-CONAM, Lima.
- Mendo, J., Orrego, H., Soto, I., Carrillo, L., Rojas, J.C. y Bandín, R.** 2005. Diseño y ejecución de una encuesta estructural social, económica y ambiental de la Pesquería Artesanal en la región de Pisco/Paracas- IRG STEM – TMA. International Resources Group, STEM-TMA USAID Perú, Fundación para el Desarrollo Agrario, Lima, Perú, p. 7720.
- Mendo, J. y Wolff, M.** 2002. Pesquería y manejo de la concha de abanico en la Bahía Independencia. In: Mendo, J. y Wolff, M. (Eds.) Memorias I Jornada Científica Reserva Nacional de Paracas, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, p. 188–194.

- Mendo, J. y Wolff, M.** 2003. El Impacto del Niño sobre la producción de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco, Perú. *Ecología Aplicada* (2): 51–57.
- Morales, W.S.** 1993. Cuidemos el mar que es nuestro terminando la explotación irracional de los productos marinos y protejamos los ecosistemas de la Reserva Nacional de Paracas – Manuscrito. Pisco, p. 71.
- Proleón, J. y Mendo, J.** 2002. Estrategia adoptada por los pescadores artesanales ante el reclutamiento masivo de concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Bahía Independencia, 1997–2000 Pisco. En: J. Mendo y M. Wolf (eds) Memorias de la I Jornada Científica de la Reserva Nacional de Paracas, 28–31 Marzo Pisco. del 2001. Univ. Nac. Agraria La Molina.
- PROMPEX.** 2006. Exportaciones Peruanas y Mercados de los Productos de la Acuicultura. Convención Nacional Oportunidades de Negocios en Acuicultura, Abril 2006, Lima, Perú.
- Stotz, W. y Gonzales, S.** 1997. Abundance, growth and production of the sea scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819): bases for sustainable exploitation of natural scallop beds in north-central Chile. *Fish. Research* (32): 173–183.
- Stotz, W. y Mendo, J.** 2001. Pesquerías, Repoblamiento y Manejo de Bancos Naturales de Pectinidos en Iberoamérica: Su interacción con la Acuicultura. In: A.N. Maeda-Martínez, Editor, *Los Moluscos Pectinidos de Latinoamérica: Ciencia y Acuicultura. Cap. Vol. 18*, pp. 357–371.
- Tafur, R., Castillo, G., Crispín, A. y Taipe, A.** 2000. Evaluación Poblacional de la Concha de Abanico en la Bahía de Sechura e Isla Lobos de Tierra. Julio 1999. Informe Progresivo N°113. IMARPE, Lima, p. 14.
- Taylor, M.H., Wolff, M., Vadas, F. y Yamashiro, C.** Trophic and environmental drivers of the Sechura Bay Ecosystem (Peru) over an ENSO cycle. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* (submitted).
- Valdivia, E. y C. Benites.** 1984. Informe sobre la prospección del recurso concha de abanico en la zona de Pisco. *Informe. Interno, Inst. Mar Perú-Callao*, 13 pp.
- Wang, C. y Fiedler, P.C.** 2006: ENSO variability and the eastern tropical Pacific: A review. *Progress in Oceanography* (69): 239–266.
- Wolff, M.** 1988. Spawning and recruitment in the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (42): 213–217.
- Wolff, M. y J. Mendo,** 2000. Management of the Peruvian bay scallop (*Argopecten purpuratus*) metapopulation with regard to environmental change. *Aquat. Conserv. Mar. Freshwat. Ecosyst.*, (10): 117–126.
- Wolff, M., Taylor, M. y Mendo, J.** (in press) A catch forecast model for the Peruvian scallop (*Argopecten purpuratus*) based on estimators of spawning stock and settlement rate. *Ecol. Modeling*.

# Cultivo de bivalvos en Colombia: ¿utopía o apuesta de futuro?

**Luz Adriana Velasco**

*Laboratorio de Moluscos y Microalgas*

*Instituto de Investigaciones Tropicales, Universidad del Magdalena*

*Taganga, Santa Marta, Colombia*

*E-mail: molmarcol@gmail.com*

**Judith Barros**

*Laboratorio de Moluscos y Microalgas*

*Instituto de Investigaciones Tropicales, Universidad del Magdalena*

*Taganga, Santa Marta, Colombia*

**Velasco, L.A. y Barros, J.** 2008. Cultivo de bivalvos en Colombia: ¿utopía o apuesta de futuro? En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 115–128.

## RESUMEN

Aunque en Colombia existe un conocimiento considerable sobre la bioecología, obtención de semilla y cría de varias especies de bivalvos nativos de interés comercial, en la realidad el cultivo de bivalvos no ha pasado de ser una actividad desarrollada a nivel experimental. En este manuscrito se realiza una descripción de la producción y comercio nacional de bivalvos; se hace una síntesis del conocimiento existente sobre este recurso, con especial énfasis en las tecnologías utilizadas para la producción de semilla y cultivo. Se hace un análisis de las ventajas, oportunidades y problemas que enfrenta el país para la masificación del cultivo de bivalvos y finalmente se indican las acciones que se requieren a nivel nacional e internacional para que en un mediano o largo plazo este recurso pueda insertarse dentro de las cadenas productivas de Colombia.

## ABSTRACT

Although in Colombia there is a vast knowledge of bioecology, seed production and culture of various commercially important native bivalve species, bivalve aquaculture is an activity that has developed only at the experimental level. In this manuscript a description of the national production and commercialization of bivalves is given. Furthermore, an overview of the resources is provided with special emphasis on the technologies used for seed production and culture. The authors present an analysis of the advantages, opportunities and problems related to the large-scale expansion of bivalve culture in Colombia. Finally, a series of medium- and long-term actions required at the national and international level to promote the growth of a bivalve aquaculture industry are proposed.

## INTRODUCCIÓN

Cerca de un 50 por ciento del territorio colombiano corresponde a mar, teniendo un total de 3 200 km de línea costera en el Océano Pacífico y en el mar Caribe, incluyendo las áreas insulares. Estas dos costas poseen una intrincada geomorfología y una variedad ecosistemas como arrecifes coralinos, manglares, litorales rocosos, playas arenosas y fondos sedimentarios, con una temperatura cálida relativamente constante. Asociado a estas condiciones, Colombia cuenta con una gran biodiversidad marina entre la cual se encuentra la de bivalvos, con el registro de 352 especies en el Océano Pacífico (Arboleda, 2002) y 315 en el mar Caribe (Díaz *et al.*, 1998). De éstas especies, alrededor de 40 poseen características para ser consideradas de interés comercial (Cuadro 1), no obstante, solo unas cuantas, las de mayor abundancia, son conocidas y comercializadas bajo los nombres de almejas, chipi-chipi, ostras, pianguas y scallops.

CUADRO 1

**Especies de bivalvos marinos de Colombia con interés comercial real o potencial. A = Tamaño considerable, B = Alta abundancia, C = existencia de un mercado nacional o internacional de especies similares, D = capacidad para producir perlas**

Lugar	Grupo	Familia	Especie	Características
Océano Atlántico	Almejas	Cardiidae	<i>Trachycardium isocardia</i> (Linné, 1758)	C
		Corbiculidae	<i>Polymesoda arctata</i> (Deshayes, 1854)	BC
		Limidae	<i>Lima scabra</i> (Born, 1778)	C
		Trapeziidae	<i>Codakia orbicularis</i> (Linné, 1758)	C
		Veneridae	<i>Chione cancellata</i> (Linné, 1767)	C
			<i>Protothaca pectorina</i> (Lamarck, 1818)	C
	Chipi-chipi	Donacidae	<i>Donax denticulatus</i> (Linné, 1758)	BC
			<i>Donax striatus</i> (Linné, 1767)	BC
		Veneridae	<i>Anomalocardia brasiliiana</i> (Gmelin, 1791)	BC
	Ostras	Ostreidae	<i>Crassostrea rhizophorae</i> (Goulding, 1828)	BC
	Pianguas	Arcidae	<i>Anadara notabilis</i> (Röding, 1798)	ABC
			<i>Arca imbricata</i> (Bruguiere, 1789)	C
			<i>Arca zebra</i> (Swainson, 1833)	C
	Scallops	Pectinidae	<i>Amusium laurenti</i> (Gmelin, 1791)	BC
			<i>Amusium papyraceum</i> (Gabb, 1873)	C
			<i>Argopecten nucleus</i> (Born, 1780)	C
			<i>Euvola ziczac</i> (Linné, 1758)	C
			<i>Nodipecten nodosus</i> (Linné, 1758)	AC
	Ostras perlíferas	Pteriidae	<i>Pinctada imbricata</i> (Röding, 1798)	D
			<i>Pteria colymbus</i> (Röding, 1798)	D
	Hachas	Pinnidae	<i>Atrina seminuda</i> (Lamarck, 1819)	AC
			<i>Pinna carnea</i> (Gmelin, 1791)	A
	Mejillones	Mytilidae	<i>Modiolus americanus</i> (Leach, 1815)	C
Océano Pacífico	Almejas	Veneridae	<i>Chione subrugosa</i> (Word, 1828)	C
			<i>Macrocallista aurantiaca</i> (Sowerby, 1831)	C
			<i>Protothaca asperrima</i> (Sowerby, 1835)	C
	Chipi-chipi	Corbiculidae	<i>Polymesoda inflata</i> (Philippi, 1851)	C
		Donacidae	<i>Donax assimilis</i> (Hanley, 1845)	C
		Ostreidae	<i>Crassostrea columbiensis</i> (Hanley, 1846)	C
	Ostras		<i>Crassostrea corteziensis</i> (Hertlein, 1951)	C
			<i>Crassostrea iridescens</i> (Hanley, 1854)	C
			<i>Anadara grandis</i> (Broderip & Sowerby, 1829)	AC
	Pianguas	Arcidae	<i>Anadara similis</i> (Adams, 1852)	BC
			<i>Anadara tuberculosa</i> (Sowerby, 1833)	BC
			<i>Argopecten ventricosus</i> (Sowerby, 1835)	C
	Scallops	Pectinidae	<i>Nodipecten subnodosus</i> (Sowerby, 1835)	AC
			<i>Pinctada mazatlanica</i> (Hanley, 1856)	AD
	Ostras perlíferas	Pteriidae	<i>Pteria sterna</i> (Gould, 1851)	AD
			<i>Atrina maura</i> (Sowerby, 1847)	AC
	Hachas	Pinnidae	<i>Pinna rugosa</i> (Sowerby, 1835)	A
	Mejillones	Mytilidae	<i>Mytella guyanensis</i> (Lamarck, 1819)	C

La producción histórica de bivalvos en Colombia ha procedido casi exclusivamente de la pesca, siendo las pesquerías de almejas, chipi-chipi, ostras y pianguas de tipo artesanal y la de scallops de tipo incidental en la pesca industrial del camarón. Entre 1990 y 2004 la producción de moluscos anual fue en promedio de 10 000 toneladas representando el 0,7 por ciento de la producción total por pesca marítima, mientras que la cantidad de bivalvos producidos fue en promedio de 457 t por año lo cual equivalió al 61 por ciento de la producción de moluscos (Instituto Colombiano de Desarrollo Rural – INCODER – com. pers.). Entre el 2004 y 2007 no se tienen estadísticas pesqueras cuantitativas y para el periodo 2006 al 2007 solo se tienen datos cualitativos (INCODER com. pers.). En este último año se verificó un descenso en los aportes de moluscos en el total de las capturas (0,1 por ciento) y una disminución en el componente de bivalvos dentro de las capturas de moluscos (48 por ciento). Tal tendencia puede ser atribuida a la disminución de la actividad extractiva industrial causada por la caída del dólar. Estos valores de producción de Colombia la sitúan dentro de los países con más baja producción de bivalvos en América Latina (FAO, 2007).

Las especies más representativas dentro de la producción nacional de bivalvos son: *Amusium* spp., *Anadara* spp., *Anomalocardia brasiliiana*, *Crassostrea rhizophorae*, *Donax* spp. y *Polymesoda arctata*. La importancia relativa de estas pesquerías ha variado con el tiempo, entre los años 1960 y 1980 la pesquería de la ostra *C. rhizophorae* fue la más importante, llegando a producirse mas de 1 000 toneladas año<sup>-1</sup> en 1968 sólo en la Ciénaga Grande de Santa Marta (FAO, 1971). Posteriormente, esta zona sufrió varios problemas ambientales que hicieron que este recurso disminuyera con el tiempo hasta desaparecer en 1996. Entre 1990 y 2004 las pesquerías mas importantes de bivalvos en orden decreciente fueron: pianguas (40 por ciento), scallops (35 por ciento), almejas y chipi-chipi (22 por ciento) y ostras (3 por ciento) (INCODER com. pers.). Finalmente, entre el 2006 y 2007 la pesquería de pianguas pasó a ser la más importante, siendo un 96 por ciento de la producción total bivalvos, no hay registros de scallops y hay una disminución de los componentes almejas y chipi-chipi (2 por ciento) y el de ostras (2 por ciento) (INCODER, 2007). La disminución de la actividad extractiva industrial explica la desaparición de los scallops en las estadísticas pesqueras, pero no la de las almejas y chipi-chipi, los cuales se explotan artesanalmente.

## PRODUCCIÓN DE BIVALVOS POR ACUACULTURA

La acuicultura en Colombia ha crecido con el tiempo, pasando de 1 256 toneladas producidas en 1986, a 63 340 toneladas en el 2005. No obstante, esta producción por acuicultura está representada esencialmente por peces y crustáceos. La producción de bivalvos cultivados se ha restringido a proyectos I+D+T con diferentes especies. Con ostras del mangle se produjeron entre 6 y 18 ton año<sup>-1</sup> entre 1996 y 2002 (Salazar, 1999; Barreto com. pers.) y con ostras perlíferas y scallops se produjo alrededor de 80 kg año<sup>-1</sup> entre el 2002 y 2003 (INVEMAR, 2003). La producción de ostras cultivadas llegó a representar el 3 por ciento de la oferta total de bivalvos para 1998 (Valero *et al.*, 2000)

## COMERCIO DE BIVALVOS EN COLOMBIA

El consumo per cápita de pescados y mariscos en Colombia para 1998 fue de 6,5 kg año<sup>-1</sup> (Beltrán y Villaneda, 2000), muy por debajo del promedio mundial para el 2006 de 16 kg año<sup>-1</sup> (Panorama acuícola, 2006). Para el caso específico de bivalvos, no existe una cultura generalizada de consumo debido a varias causas entre las cuales están: la reducida oferta de bivalvos, la deficiente presentación y calidad sanitaria de los bivalvos nacionales, los altos precios, el escaso conocimiento del consumidor sobre este producto y las formas de preparación. Las zonas en donde se presentan los mayores consumos son las costeras, donde se capturan los bivalvos, y las principales ciudades como Bogotá, Cali, Medellín, Cartagena, Barranquilla, Bucaramanga y Villavicencio.

**CUADRO 2**  
**Precios de bivalvos comercializados en Colombia durante el año 2007**

Grupo	Origen	Presentación	Precio en pescaderías (\$EE.UU./kg)
Almejas	Nacional	Con concha	2,5
		Sin concha	4,5
	Importación	Sin concha	2,8
Chipi-chipi	Nacional	Sin concha	3,0
Mejillones	Importación	Con media concha	8,0
Ostras	Nacional	Con concha	
		Sin concha	2,8
Pianguas	Nacional	Sin concha	7,5
Scallops	Importación	Músculos	10–30

El canal de comercialización es simple, los pescadores venden su producción viva, desconchada o precocida a intermediarios minoristas que colocan el producto a los intermediarios mayoristas quienes a su vez lo distribuyen a los supermercados, pescaderías, restaurantes y cevicherías, donde son adquiridos por el consumidor final (Valero *et al.*, 2000).

Pese a que la demanda de bivalvos es reducida, la producción nacional la satisface solo en un 44 por ciento, teniendo que recurrir a la importación para cubrir el 56 por ciento faltante (Valero *et al.*, 2000). Los principales bivalvos que se importan son: almejas, vieras y mejillones. Los dos primeros, actualmente provienen de Chile mientras que el último tiene como origen Nueva Zelanda.

El precio de los bivalvos varía de acuerdo al grupo, su procedencia y presentación (Cuadro 2). Los productos importados como los de scallops y mejillones son los más costosos, mientras que los nacionales como las ostras y el chipi-chipi son los menos valiosos.

### CONOCIMIENTO DE LOS BIVALVOS EN COLOMBIA

La mayoría de los estudios sobre bivalvos en Colombia corresponden a literatura gris (tesis, informes de proyectos y resúmenes en seminarios), los cuales han tenido una divulgación e impacto muy restringidos. Los principales tópicos en los que se ha trabajado son los inventarios, taxonomía, ecología, obtención de semilla y cultivo (Borrero, 1995; Díaz *et al.*, 1998; Urban, 1999). En estos estudios se ha encontrado que varias especies de bivalvos tienen características propicias para ser cultivadas y que esta actividad es viable desde el punto de vista tecnológico y financiero (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, 2003; Velasco, 2005).

### TECNOLOGÍA DE CULTIVO DE BIVALVOS EN COLOMBIA

El cultivo de bivalvos en Colombia sólo se ha realizado a nivel experimental o piloto con ocho especies, dos del Océano Pacífico y las restantes seis del Caribe. La tecnología utilizada ha sido en varios casos una adaptación de tecnologías desarrolladas en países como Japón y Cuba, mientras que en otros casos se ha realizado un importante ejercicio de desarrollo tecnológico. A continuación, se describe la bioecología y tecnología utilizada para el cultivo de estas especies.

### OSTRAS DEL MANGLE *CRASSOSTREA RHIZOPHORAE* Y *CRASSOSTREA COLUMBIENSIS*

Son especies de tamaño grande (hasta 120 mm). *C. rhizophorae* se distribuye desde las Antillas, sur del mar Caribe, Surinam, hasta Brasil (Díaz y Puyana, 1994) y *C. columbiensis* se distribuye desde Baja California hasta Perú (Olsson, 1961). Viven adheridas a las raíces del mangle rojo, a otras conchas y sustratos duros en lagunas costeras, zonas estuarinas y en el litoral rocoso (Wedler, 1998; Contreras y Cantera, 1976), donde la salinidad fluctúa entre 6 y 35 ups y la temperatura tiene valores entre

27 y 34 °C (Barliza y Quintana, 1992). Son hermafroditas alternantes, con fecundación externa (Quayle, 1981). En *C. rhizophorae* la primera madurez ocurre entre los 2 y 4 meses cuando tienen 20 mm de longitud (Nikolic y Alfonso, 1970), y sus desoves ocurren entre los meses de abril y septiembre (Velasco y Vega, 2005). En *C. columbiensis* el ciclo reproductivo es continuo (Cantera, 1988).

La semilla de *C. rhizophorae* se obtiene del medio natural utilizando colectores de alambre de aluminio recubierto con arena, cal y cemento; collares de conchas o láminas plásticas flexibles (Wedler, 1980; 1998; Arias *et al.*, 1995; Rodríguez y Lagos, 2000). Estos colectores se suspenden a profundidades entre 0 y 50 cm bajo el manglar y permanecen allí por un mes. Las épocas de máxima fijación generalmente coinciden con la época de lluvias, entre abril y diciembre. Las fijaciones han llegado a 4 500 ostras m<sup>-2</sup> de colector. De otro lado, la semilla de *C. columbiensis* se ha colectado sobre colectores de tejas revestidas con cemento, cal y arena, y sobre la corteza de coco revestida con alquitrán. De esta especie se han obtenido fijaciones durante todo el año pero con números muy bajos de 2 juveniles m<sup>-2</sup>.

A raíz de la desaparición de *C. rhizophorae* en la Ciénaga Grande de Santa Marta, se llevó a cabo la producción de semilla en hatchery (Caez y Vélez, 2000; Wedler *et al.*, 2003; Velasco y Vega, 2005). Los reproductores maduros se colectan del medio natural y se someten a desecación en frío (16 °C por 1h) y posteriormente a inmersión en agua a alta temperatura y baja salinidad (32 °C y 25 ups). La fecundación se hace dejando que machos y hembras desoven en un mismo acuario estando en una relación de 1:4. El cultivo larvario se hace en tanques cilíndrocónicos de 100–500 L a densidades entre 1 y 10 larvas mL<sup>-1</sup> utilizando agua de mar microfiltrada (1 µm), irradiada con UV, aireada, y con una temperatura de 25 °C y 25 ups de salinidad. Como alimento se suministra *I. galbana* y *C. calcitrans* a valores entre 30 y 70 cel µL<sup>-1</sup>. El agua se cambia en un 100 por ciento cada 48 h. El cultivo larvario oscila entre 17 y 21 días. Para el asentamiento se sumergen colectores de collares con conchas. Los colectores se llevan a la estación de cultivo en el estuario luego de 50 días de fijación. En *C. columbiensis* la baja obtención de semilla silvestre motivó algunos intentos de reproducción artificial (Cantera, 1987; 1988). Se produjeron los cigotos mediante «stripping» gonadal de animales sexualmente maduros, las larvas fueron mantenidas en acuarios y alimentadas principalmente con algas extraídas del estuario. No se obtuvieron juveniles ya que ocurrieron muy altas mortalidades en las larvas pediveliger.

El cultivo de estas especies se ha realizado en el fondo previa adecuación del mismo con conchas, o en suspensión, ya sea adherida a los colectores ó libre en canastas (90 x 90 cm) (Rivera, 1978; Wedler, 1978; 1980; 1983; Peláez, 1985; Cantera, 1987; 1988; Barliza y Quintana, 1992; Arias *et al.*, 1995; Rodríguez y Lagos, 2000). En el cultivo suspendido en canastas empleando una densidad de 500 ostras se obtienen las menores mortalidades (entre 2 y 20 por ciento). Semanalmente las ostras son expuestas al sol y al aire por 24 h para controlar los competidores, fouling y depredadores. Luego de 6 a 8 meses la ostra alcanza la talla comercial de 60 mm. En cada colector de alambre se obtiene una producción promedio de 5 kg. El rendimiento en carne es de aproximadamente el 10 por ciento del peso vivo total. Entre los principales problemas que ocasionan el descenso en la producción están: competencia por espacio, baja salinidad por períodos prolongados, alta sedimentación, depredadores (*Thais* spp., *Melongena* spp., *Callinectes* spp.) y fouling (poliquetos y esponjas).

### **PECTÍNIDOS O SCALLOPS ARGOPECTEN NUCLEUS Y NODIPECTEN NODOSUS**

*A. nucleus* es una especie mediana (50 mm) y *N. nodosus* es una especie grande (150 mm). Las dos son epibentónicas, pero mientras *A. nucleus* es una especie de vida libre, *N. nodosus* se adhiere a sustratos duros. *A. nucleus* se distribuye en el Sureste de la Florida, parte sur del Golfo de México, el Mar Caribe y Surinam y *N. nodosus* tiene una distribución más amplia, llegando por el norte hasta Carolina del Norte y

hacia el sur hasta el sur de Brasil (Díaz y Puyana, 1994). También tienen estrategias de vida diferentes, mientras que *A. nucleus* es de corta vida (entre 1 y 2 años) y con una madurez sexual precoz (3 meses), *N. nodosus* es más longeva (>2 años) y comienza su primera madurez sexual hasta los 6 meses. Las dos especies son hermafroditas simultáneas y su fecundidad es en promedio de  $1,85 \times 10^6$  ovocitos animal<sup>-1</sup> (Velasco *et al.*, 2007). Cohabitan en fondos arenosos entre los 10 y 50 m pero *A. nucleus* puede encontrarse a menores profundidades, mientras que *N. nodosus* se encuentra hasta los 120 m (Díaz y Puyana, 1994). Habitán en zonas con salinidades entre 30 y 37 ups y temperaturas entre 20 y 30 °C. No se han detectado bancos naturales de estas especies en el Caribe colombiano, solo existen poblaciones de cultivo que han sido formadas a partir de semilla silvestre.

La obtención de semilla puede hacerse del medio natural como lo describen Borrero (1995), Uribe (1996), Castellanos (1997), Urban (1999), INVEMAR (2003). Se utilizan colectores artificiales elaborados con bolsas cebolleras de polipropileno y cubiertas por una bolsa de malla mosquitera. Estos colectores son mantenidos en suspensión a profundidades entre 5 y 25 m durante 10 semanas. Las fijaciones de *A. nucleus* son relativamente constantes durante todo el año, mientras que las de *N. nodosus* son mayores entre los meses de enero y junio. La cantidad de semilla que se obtiene es muy baja, los valores máximos reportados oscilan entre 1 y 77 juveniles colector<sup>-1</sup> (4 a 29 juveniles m<sup>-2</sup>). Una fuente alterna de semilla de pectínidos es su producción en laboratorio, la tecnología de hatchery ha sido desarrollada por Urban (1999), De la Roche *et al.* (2002); Velasco (2005); Velasco *et al.* (2007), Velasco y Barros (2007, 2008, en prensa). El acondicionamiento reproductivo de animales completamente inmaduros se logra entre 16 y 77 días en *A. nucleus* y *N. nodosus*, respectivamente. Para ello, los animales son mantenidos en tanques rectangulares (200 L), con agua de mar microfiltrada (1 µm), a 25 °C, 35 ups y con aireación suave. El alimento se suministra de forma continua por goteo de tal forma que en el tanque permanezca una concentración constante de *I. galbana* de 40 cel µL<sup>-1</sup> y se realiza un recambio diario de agua del 80 por ciento. La inducción al desove de *A. nucleus* se hace utilizando cambios graduales de temperatura combinados con desecación o con un alto suministro de microalgas, mientras que en *N. nodosus* se utilizan inyecciones de serotonina ( $10^{-3}$  M) con prostaglandina E<sub>2</sub> ( $2 \times 10^{-6}$  M) (0,2 mL en cada porción gonadal). Se lleva a cabo fertilización cruzada manteniendo una proporción espermatozooides ovocitos de 50:1. La incubación de los cigotos se hace a una densidad menor a 15 cigotos mL<sup>-1</sup> usando tanques cónicos de fondo plano (200–2 000 L) con agua de mar microfiltrada (1 µm), esterilizada con luz ultravioleta, aireada, con la misma temperatura y salinidad usadas en el acondicionamiento. El cultivo larvario se lleva a cabo a densidades iniciales de 5 larvas mL<sup>-1</sup> bajo las mismas condiciones descritas para la incubación. Como alimento se suministra diariamente 20 cel µL<sup>-1</sup> de *I. galbana*, en *A. nucleus* de forma continua por goteo y en *N. nodosus* de forma discontinua, una vez al día. El agua se recambia en un 100 por ciento diariamente sin bajar el nivel del agua. Para el asentamiento se utilizan densidades de 1 larva mL<sup>-1</sup>, inductores como baja temperatura (20 °C x 48 h) o el suministro de epinefrina ( $10^{-5}$  M x 48 h) y se sumergen colectores de bolsa cebollera llenas con césped artificial dentro de los tanques de cultivo larvario. La ración diaria de alimento aumenta a 60 cel µL<sup>-1</sup>. Luego de 15 días de fijación, los colectores se llevan al mar donde permanecen suspendidos en longlines a profundidades entre 8 y 15 m por 2 meses, cuando los juveniles alcanzan al menos 10 mm de longitud. La supervivencia de los juveniles en relación al número de cigotos producidos es del 1 por ciento.

Los scallops son cultivados en suspensión empleando longlines (Urban, 1999; INVEMAR, 2003; Velasco, Barros y Guerrero, en prensa). Los juveniles se colocan en «pearl nets» a una densidad de entre 30 y 50 por ciento de cobertura del fondo. Cuando los animales alcanzan longitudes de 30 mm en *A. nucleus* o 40 mm en *N. nodosus*, se colocan en redes tipo linterna a densidades de 60 animales por piso para *A. nucleus* y

30 animales por piso para *N. nodosus*. Estas redes permanecen suspendidas en el agua a una profundidad de 5 a 15 m. Durante los 2 primeros meses se realizan desdobles quincenales y posteriormente uno mensual. La talla comercial de *A. nucleus* (40 mm de longitud y 40 g peso total) y de *N. nodosus* (80 mm de longitud y 100 g de peso total) se obtiene luego de 10 meses de cultivo (tasa de crecimiento promedio de 2,4 mm mes<sup>-1</sup> en *A. nucleus* y 6,5 mm mes<sup>-1</sup> en *N. nodosus*). La supervivencia promedio final es del 65 por ciento, siendo la depredación por parte de cimátidos el principal factor responsable de la muerte de los pectínidos. El rendimiento del músculo en relación al peso total de *A. nucleus* es del 10 por ciento mientras que el de *N. nodosus* es del 15 por ciento, haciendo que para conformar una libra de músculos se requiera 111 especímenes de *A. nucleus* o 31 de *N. nodosus*.

### **OSTRAS PERLÍFERAS *PINCTADA IMBRICATA* Y *PTERIA COOLMBUS***

Las dos especies son de tamaño mediano (60 mm), epibentónicas, habitan en el submareal de zonas con alta salinidad (30 a 37 ups), temperaturas entre 22 y 31 °C y profundidades entre 3 y 10 m. *P. columbus* vive adherida casi exclusivamente a octocorales mientras que *P. imbricata* tiene requerimientos de sustrato menos específicos, adhiriéndose a rocas, y otros sustratos duros, lo que determina una distribución mas amplia y mayor abundancia de *P. imbricata* (Díaz y Puyana, 1994; Borrero *et al.*, 1996). Se distribuyen en el Atlántico occidental, desde Carolina del Norte hasta el sur de Brasil (Díaz y Puyana, 1994). Son especies hermafroditas protándricas (Borrero *et al.*, 1996). Desde el siglo XV existió una pesquería intermitente de estas especies para la obtención de perlas naturales, siendo la última entre los años 1900 y 1940 (Borrero *et al.*, 1996). La obtención de semilla silvestre de estas especies ha sido llevada a cabo por Borrero (1995), Uribe (1996), Velasco (1996), Castellanos (1997), Urban (1999) e INVEMAR, (2003). Se utilizan colectores de tipo cortina elaborados con bolsas cebolleras, los cuales se dejan inmersos a profundidades entre 5 y 20 m por periodos entre 8 y 10 semanas. Las mayores fijaciones de *P. imbricata* (292 a 583 juveniles m<sup>-2</sup>) ocurren entre febrero y junio, y las de *P. columbus* (58 a 333 juveniles m<sup>-2</sup>) entre febrero y mayo, coincidiendo con cambios de temperatura. *P. imbricata* muestra mayores fijaciones en aguas someras entre 5 y 10 m de profundidad. La producción de semilla en hatchery de *Pinctada imbricata* fue lograda por Hernández-Rondón (1999). Animales maduros se sometieron a estímulos de inducción de cambio de temperatura de 23 a 35 °C. El cultivo larval se llevó a cabo a densidades entre 2 y 6 larvas mL<sup>-1</sup> en tanques cilíndricos de 500 L con agua de mar microfiltrada a 1 µm, irradiada con UV, mantenida a 27 °C y 35 ups. Las larvas se alimentaron con una dieta de *I. galbana* y *C. muelleri* 1:1 a una concentración de 50 a 60 cel µL<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> suministrándola en una sola ración. El asentamiento se logró a densidades de 1 larva mL<sup>-1</sup>, sumergiendo los colectores de bolsas cebolleras en los tanques de cultivo. En esta fase la ración de alimento se aumentó a 100 cel µL<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>. Las larvas pediveliger fueron obtenidas en 16 días y la semilla de 10 mm se obtuvo en 3 meses dentro del laboratorio. El cultivo de las ostras perlíferas del Caribe ha sido descrito por Borrero (1995), Velasco (1996), Velasco y Borrero (1996), Castellanos-Montes (1997), Caballero (1999), Urban (1999), e INVEMAR (2003). Se utiliza la misma tecnología de cultivo descrita para scallops y también se utilizan «pocket nets» a densidades entre 4 y 16 animales m<sup>-2</sup>, obteniéndose supervivencias acumuladas finales de 70 por ciento. La mortalidad de las ostras perlíferas cultivadas está asociada a la abundancia y tamaño de los depredadores cimátidos y portúnidos encontrados en las redes de cultivo. En *P. imbricata* se ha utilizado el método de cultivo de fondo en cajas a densidades del 30 por ciento de cobertura del fondo, obteniéndose supervivencias mayores (94 por ciento) debido a la menor abundancia de predadores cimátidos y portúnidos. La producción de medias perlas es factible en ambas especies implantando un solo núcleo con un diámetro menor a 11 mm y utilizando animales de longitudes mayores a 60 mm. La talla comercial de las dos especies (50 mm de longitud y pesos

totales de 13 g en *P. imbricata* y 4 g en *P. columbus*) es alcanzada en 9 meses de cultivo. El rendimiento de la carne en relación al peso total del animal es del 60 por ciento en *P. columbus* y del 30 por ciento en *P. imbricata*.

### **HACHA PINNA CARNEA**

Especie grande (300 mm), con concha delgada y semitraslúcida (Díaz y Puyana, 1994). Vive semienterrada verticalmente en el sustrato blando con suficiente grava debajo de este, la cual provee un anclaje para las fibras del biso (Yongue, 1953). Habita en aguas someras del submareal, hasta los 25 m en zonas con salinidades entre 30 y 37 ups y entre 22 y 31 °C. Se distribuye a lo largo del Atlántico occidental desde el sur de la Florida hasta Brasil (Díaz y Puyana, 1994). *P. carnea* es una especie hermafrodita simultánea con separación de sexos esporádica, tiene un ciclo reproductivo continuo con un periodo de mayores desoves entre julio y noviembre (García, 1997). La captación de semilla en ambiente natural de hachas ha sido llevada a cabo por Borrero (1995), Uribe (1996), Velasco (1996), Castellanos (1997), Urban (1999) e INVEMAR, (2003). Para esta especie se utilizan colectores tipo cortina que se dejan inmersos en el agua por 10 semanas. Las mayores fijaciones de *P. carnea* (6 a 100 juveniles colector<sup>-1</sup>) (25–417 juveniles m<sup>-2</sup> de colector) ocurren entre septiembre a diciembre, asociadas a altas temperaturas del agua. Esta especie presenta mayores fijaciones en aguas someras entre 5 y 10 m de profundidad. El cultivo de esta especie ha sido descrito por Borrero (1995), Velasco (1996), García (1997), Velasco y Borrero, (2004). Se hace siguiendo la tecnología descrita para scallops, empleando densidades del 20 por ciento de cobertura del fondo de la red, pero también se pueden cultivar en el fondo utilizando cajas. La supervivencia al final del cultivo es del 30 por ciento, siendo altamente vulnerables a depredadores cimátidos y portúnidos cuando tienen tamaños inferiores a los 100 mm. El tamaño comercial de 160 mm (15 g) se alcanza en 11 meses de cultivo suspendido con un rendimiento en carne con respecto al peso total del 30 por ciento.

### **PIANGUAS ANADARA TUBERCULOSA**

Especie mediana (56 mm) (Naranjo, 1982) que vive enterrada a 30 cm en el fango del mesolitoral generalmente asociada a las raíces de mangle (Contreras y Cantera, 1976), en zonas con salinidades entre 11 y 26 ups y temperaturas entre 26 y 30 °C (Borrero, 1982). Se distribuye desde el Golfo de California hasta el Perú (Keen, 1971). Es una especie gonocórica, con un ciclo reproductivo continuo (Cruz, 1984). Sus góndadas empiezan a madurar a los 32 mm (Squires *et al.*, 1972). La captación de semilla en ambiente natural fue llevada a cabo por Borrero (1982) y Olave (1985). La colecta de semilla de esta especie se hace mediante recolección manual en el fango o empleando colectores de estopa de coco colocados sobre la superficie del fondo. Las mayores fijaciones se registran para los meses de mayo, junio, septiembre y noviembre, sin embargo los valores son bajos (0 a 71 juv. colector<sup>-1</sup>). El cultivo de esta especie se lleva a cabo en fondo utilizando encierros o en suspensión dentro de cajas (Naranjo, 1982; Rodríguez, 1985; Cantera, 1987). El crecimiento es muy bajo (1 mm mes<sup>-1</sup>) requiriéndose tres o cuatro años para alcanzar la talla comercial de 30 a 40 mm. Los cultivos de fondo son altamente afectados por el gasterópodo *Thais kiosquiformis* y por *Callinectes* spp.

### **DIAGNÓSTICO DEL CULTIVO DE BIVALVOS EN COLOMBIA**

Colombia cuenta con ciertas condiciones que sugieren que el cultivo de bivalvos puede ser una alternativa de desarrollo sostenible para las comunidades rurales asentadas en los litorales de sus dos océanos y para la creación de nuevas empresas, pero también hay otras condiciones que la dificultan. A continuación, se hace un análisis de la situación, detallándose las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que tiene esta actividad.

## FORTALEZAS

1) Variedad de especies nativas con potencial comercial (Cuadro 1); 2) Conocimiento de aspectos bioecológicos, obtención de semilla y cultivo experimental de varias especies comerciales; 3) Disponibilidad de extensas zonas apropiadas para el establecimiento de centros de cultivo (bahías, estuarios, lagunas costeras, ensenadas); 4) Existencia de una demanda interna insatisfecha y de una demanda externa bien establecida y creciente; 5) Ubicación geográfica privilegiada para llevar a cabo comercio con el mundo; 6) Ausencia de costo de las concesiones marinas en la actualidad; 7) Existencia de dos universidades que están formando personal a nivel superior y técnico en el cultivo de bivalvos.

## OPORTUNIDADES

1) Bajos requerimientos técnicos y financieros del cultivo de bivalvos en el mar ya que los animales no requieren ser alimentados, son poco móviles, crecen relativamente rápido y no son objeto de gran interés por parte de asaltantes; 2) Necesidad de proveer recursos acuáticos por una vía diferente de la captura ya que existe un marcado decrecimiento del recurso pesquero artesanal por problemas ambientales y de sobrepesca; 3) Necesidad de proveer opciones de desarrollo sostenible que estén acordes con la tradición marítima a más de 30 000 pescadores artesanales (Beltrán y Villaneda, 2000); 4) Necesidad de implementar empresas y actividades que generen empleos directos e indirectos para un 11 por ciento de la población que actualmente se encuentra desempleada.

## DEBILIDADES

1) Actualmente no existe una política nacional para el desarrollo de la maricultura; 2) Insuficiencia de recursos asignados por el gobierno colombiano a proyectos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnología (I+D+T) en acuacultura (<0.03 por ciento del presupuesto nacional); 3) Difícil financiación de proyectos acuícolas I+D+T para especies que no tienen una cadena productiva consolidada, como es el caso de los moluscos; 4) Imposibilidad de financiación para proyectos I+D+T de mediano o largo plazo (>2 años), en los cuales se pueda optimizar, validar, escalar o transferir las tecnologías de cultivo desarrolladas o adaptadas experimentalmente; 5) Ausencia de continuidad, coherencia y compromiso con los proyectos acuícolas exitosos; 6) Escasa inversión nacional y extranjera en proyectos productivos de maricultura debido a su alto riesgo; 7) Desarticulación entre instituciones para la realización de proyectos I+D+T lo que causa disminución en la eficiencia para obtención de las metas y una dispersión de la escasa financiación; 8) Fracaso de proyectos piloto productivos de cultivo de bivalvos debido a problemas de disponibilidad de semilla, planificación, sostenibilidad financiera, manejo de comunidades y comercialización de los productos; 9) Dificultad para vincular a las comunidades y empresas a los proyectos I+D+T del sector acuícola ya que existe frustración, desconfianza y apatía.

## AMENAZAS

1) Reducido conocimiento, cultura de consumo y mercado interno de bivalvos; 2) Mala calidad sanitaria de los bivalvos; 3) Conflictos entre usuarios del mar; 4) Aumento en los niveles de contaminación de las aguas; 5) Demora excesiva en los trámites para la obtención de concesiones marinas.

## ACCIONES REQUERIDAS PARA IMPULSAR EL CULTIVO DE BIVALVOS EN COLOMBIA

1) Establecer e implementar políticas claras y específicas para el uso y aprovechamiento del mar así como para el desarrollo de la acuacultura. En estas deben quedar claramente establecidos los lineamientos para el desarrollo acuícola a largo plazo,

otorgándole importancia a la diversificación de la acuacultura marina, en especial a los bivalvos por todas las condiciones favorables que presentan para ser cultivados en Colombia; 2) Asignar una mayor partida presupuestaria anual para I+D+T al sector de acuacultura; 3) Asegurar financiación a largo plazo para proyectos I+D+T que estén dentro de las líneas de investigación consideradas estratégicas y que sean evaluados satisfactoriamente; 4) Promover activamente la articulación de entidades dedicadas a I+D+T; 5) Atraer inversionistas a nivel nacional e internacional mediante otorgamiento de estímulos tributarios mayores a los existentes en la actualidad; 6) Crear redes apoyadas financieramente por entes nacionales e internacionales que faciliten el intercambio de experiencias y conocimientos entre investigadores, tecnólogos, empresarios y pescadores en las áreas de: tecnologías de producción masiva de semilla y adultos, ingeniería acuícola, manejo postcosecha, control de calidad, organización empresarial y financiera, trabajo con comunidades, mercadeo y comercialización de este tipo de productos; 7) Validar, escalar y transferir a empresas y comunidades la tecnología de producción de scallops; 8) Implementar el cultivo masivo de la ostra del mangle utilizando semilla natural y optimizar la tecnología de producción de semilla de ostra del mangle en hatchery; 9) Determinar la existencia de mercados a nivel nacional e internacional para recursos como las ostras perlíferas y hachas o sus derivados como medias perlas; 10) Experimentar la producción de semilla de pianguas en hatchery así como su cultivo probando diferentes métodos y lugares; 11) Aplicar estrategias de vinculación de las comunidades a los proyectos productivos de forma tal que no se creen falsas expectativas ni se generen conflictos internos como puede ser iniciar con la ejecución de proyectos demostrativos y posteriormente generar microempresas con los grupos más comprometidos y productivos; 12) Implementar acciones de depuración de bivalvos cosechados, vigilancia sanitaria, optimización de la cadena de frío y de la presentación utilizada en su comercialización; 13) Divulgar masivamente las actividades de producción limpia de bivalvos, las acciones de vigilancia sanitaria que se implementen e incentivar su consumo mediante campañas publicitarias; 14) Definir los planes de ordenamiento territorial de las áreas marinas en donde queden espacios protegidos considerables aptos para el desarrollo de la maricultura; 15) Establecer un plan para garantizar la conservación de la calidad ambiental marina así como medidas que permitan disminuir las actuales fuentes de contaminación como lo es la implementación de plantas de tratamiento de aguas servidas antes de descargarlas al mar; 16) Hacer más expedito el proceso de trámite para la obtención de concesiones marinas.

## **CONCLUSIONES**

La producción de bivalvos en Colombia es una de las más bajas de América y procede casi exclusivamente de la pesca artesanal. Aunque varios bivalvos promisorios han sido cultivados experimentalmente, no se ha logrado masificar su producción por problemas de disponibilidad de semilla; planificación técnica y financiera; participación y productividad de las comunidades de pescadores involucradas y comercialización de los productos. Para que el cultivo de bivalvos deje de ser una utopía y se convierta en una apuesta de futuro para Colombia se requiere adelantar varias acciones: 1) Crear e implementar políticas y normatividad específicas en materia de uso y aprovechamiento del mar; acuicultura; ordenamiento territorial marino; calidad ambiental marina y vigilancia sanitaria de productos hidrobiológicos; 2) Formar personal en las áreas críticas para la producción masiva de bivalvos; 3) Aumentar y mejorar la infraestructura disponible para el cultivo, transformación y comercialización de bivalvos; 4) Incrementar la inversión para proyectos I+D+T y creación de empresas; 5) Mejorar la presentación y calidad sanitaria de los bivalvos así como promover su consumo; 6) Establecer alianzas nacionales e internacionales que permitan el intercambio de conocimiento, tecnología y productos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda, E.** 2002. Estado actual del conocimiento y riqueza de peces, crustáceos, decápodos, moluscos, equinodermos y corales escleractinios del Océano Pacífico colombiano. Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia.
- Arias, L.M., Frias, J.A., Daza, P., Rodríguez, H. y Dueñas, P.** 1995. El cultivo de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*. En: Rodríguez, H., Polo, G. y Mora, O. (eds), INPA, Colombia, Serie Fundamentos 2. Bogotá: 153–208.
- Barliza, F. y Quintana, C.** 1992. Contribución al desarrollo de la ostricultura en la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis de Pregrado, Programa de Ingeniería Pesquera, Universidad del Magdalena. Santa Marta.
- Beltrán, C.S. y Villaneda, A.A.** 2000. Perfil de la pesca y la acuicultura en Colombia. Informe Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, subdirección de Investigaciones.
- Borrero, F.J.** 1982. Observaciones sobre la recolección de juveniles de “piangua” *Anadara* spp. y las condiciones oceanográficas en el área de Punta Soldado, Bahía de Buenaventura. Tesis de Pregrado, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Colombia.
- Borrero, F.J.** 1995. Captación larval de invertebrados marinos en colectores artificiales: potencial para la acuacultura de moluscos bivalvos en la región de Santa Marta, Colombia. Informe final proyecto de investigación. Colombia.
- Borrero, F.J., Díaz, J.M. y Seczon, A.** 1996. Las ostras perlíferas (Bivalvia: Pteriidae) en el Caribe colombiano: Historia de su explotación, ecología y perspectivas para su aprovechamiento. *Serie de publicaciones especiales INVEMAR*, (1): 54.
- Caballero, Y.** 1999. Eficiencia de diferentes artes de cultivo para el crecimiento de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* (Röding, 1798, Bivalvia: Pteriidae) (Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano). Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano-INVEMAR, Colombia.
- Caez, J. y Vélez, G.** 2000. Reproducción artificial y levante larval de la ostra del mangle *Crassostrea rhizophorae*. Tesis de Pregrado, Programa Ingeniería Pesquera, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
- Cantera, J.** 1987. Acuicultura de moluscos en la Universidad del Valle. En: A. Hernández y J. Plata, eds. *Primera reunión de la Red Nacional de Acuicultura, Memorias*, págs. 105–109. Bogotá, Colombia.
- Cantera, J.** 1988. Experiencia sobre el cultivo de ostras en el Pacífico colombiano. *Boletín Red acuicultura*, (1): 8–9.
- Castellanos, C.** 1997. Fijación de postlarvas (semilla) de moluscos bivalvos sobre colectores artificiales en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano (segunda parte). Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano-INVEMAR, Colombia.
- Castellanos-Montes, H., Borrero, F. y Urban, H.J.** 1997. Experimentos sobre la perlicultura de las ostras perlíferas *Pinctada imbricata* y *Pteria columbus* (Bivalvia: Pteriidae) del Caribe colombiano, región Santa Marta (11°15'34"N, 74°33'11"W). En: *VII Congreso Latino-americano sobre Ciências do mar, COLACMAR*, septiembre 22–26, Santos, Sao Paulo, Brasil.
- Contreras, R. y Cantera, J.** 1976. Notas sobre la ecología de los moluscos asociados al ecosistema manglar-costero en la costa del Pacífico colombiano. En: *Memorias Seminario sobre el Océano Pacífico sudamericano*, septiembre 1–5, Cali, Colombia.
- De la Roche, J.P., Marín, B., Freites, L. y Vélez, A.** 2002. Embryonic development and larval and post-larval growth of the tropical scallop *Nodipecten* (= *Lyropecten*) *nodosus* (L. 1758) (Mollusca: Pectinidae). *Aquaculture Res.*, (33): 819–827.
- Díaz, J.M. y Puyana, M.** 1994. Moluscos del Caribe Colombiano. Un Catálogo Ilustrado. COLCIENCIAS-Fundacion Natura-INVEMAR, Bogotá. Colombia.

- Díaz, J.M., Cantera, J. y Puyana, M. 1998. Estado actual del conocimiento en sistemática de moluscos marinos recientes de Colombia. *Boletín Ecotrópica: Ecosistemas tropicales*, (33): 15–37.
- FAO. 1971. Marine fisheries development Colombia: Oyster of the Ciénaga Grande de Santa Marta. SF/COL 22, Technical Report 1. Bogotá, Colombia.
- FAO. 2007. FAO Servicio de Información y Estadísticas de Pesca y Acuicultura. Producción de acuicultura 2005. Producción mundial de acuicultura por grupos de especies y capturas por grupos de especies. FAO anuario. Estadísticas de pesca. Producción de acuicultura. Vol. 100/2. Roma, FAO. 202p. (Trilingüe)
- García, C. 1997. Biología, ecología y aspectos de cultivo de la hacha *Pinna carnea* (Gmelin, 1791) (Mollusca: Bivalvia, Pinnidae) en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano-INVEMAR, Colombia.
- Hernández-Rondón, K. 1999. Inducción al desove y desarrollo larval de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* Röding, 1798 (Bivalvia: Pteriidae). Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano-INVEMAR, Colombia.
- INCODER. 2007. Sistema de información sectorial pesquero. *Boletín mensual*, 13.
- INVEMAR. 2003. Validación y desarrollo de un cultivo piloto de bivalvos en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Informe final: técnico y financiero.
- Keen, M. 1971. Sea shells of tropical best America marine mollusks from Baja California to Peru. Stanford, University Press. Stanford.
- Naranjo, L.S. 1982. Crecimiento y observaciones del bivalvo *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en Punta Soldado (Bahía de Buenaventura). Tesis de Pregrado, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Colombia.
- Ocampo, P. y Cantera, J. 1988. Moluscos asociados a los principales ecosistemas de la ensenada de Utria, Costa Pacífica colombiana. En: *Memorias VI Seminario Nacional de Ciencias y Tecnologías del Mar*, diciembre 5–7, Bogotá, Colombia.
- Olave, E. 1985. Recolección de los primeros estados de moluscos en la Bahía de Buenaventura, con ayuda de colectores artificiales. Tesis de pregrado, Universidad del Valle, Colombia.
- Olsson, A. 1961. Mollusks of tropical eastern Pacific. Particularly from the southern half of the Panamic Pacific Faunal Province (Panama to Peru). Panamic-Pacific Pelecypoda. *Paleontological Res. Ins. Ithaca N.Y.* 574 p.
- Peláez, L. 1985. Ensayos sobre el cultivo de la ostra *Crassostrea columbiensis* en la ensenada de Tumaco. Tesis de Pregrado, Universidad del Valle, Colombia.
- Presidencia de la República de Colombia. 2006. Servicio Nacional de Estadísticas. Boletín informativo, septiembre.
- Quayle, D.B. 1981. Ostras tropicales: Cultivos y métodos. Ottawa, Ont. CIID.
- Rivera, L.F. 1978. Experiencias en el cultivo de ostra *Crassostrea rhizophorae* en la Ciénaga Grande de Santa Marta y estudio preliminar en la dinámica de su población. INDERENA, Colombia.
- Rodríguez, H. 1985. Taxonomía, crecimiento y mercadeo de piangua *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Pacífico colombiano. Tesis de pregrado, Departamento de Biología, Universidad del Valle, Colombia.
- Rodríguez, H. y Lagos, A. 2000. Cultivo de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*. *Colombia Ciencia y Tecnología*, (18): 17–20.
- Salazar, G. 1999. Situación de la acuicultura rural de pequeña escala en Colombia, importancia, perspectivas y estrategias para su desarrollo. *Red de Acuicultura Rural en Pequeña Escala. Taller ARPE, FAO-UCT, 09 al 12 Noviembre*.
- Squires, H.M, Barona, D. y Mora, O. 1972. Mangrove cockles, *Anadara* spp. (Mollusca: Bivalvia) of the Pacific coast of Colombia. *The Veliger*, (18): 57–68.
- Urban, H.J. 1999. Diagnóstico y evaluación de la factibilidad biológica, técnica y económica del cultivo experimental de bivalvos de interés comercial en el Caribe colombiano. Informe técnico final, Invemar, Santa Marta, Colombia.

- Uribe A.M.** 1996. Captación de postlarvas de moluscos bivalvos sobre colectores artificiales en la región de Santa Marta, Caribe colombiano. Tesis de pregrado, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia.
- Valero A.P. y Caballero, Y.** 2003. Guía práctica para el cultivo de bivalvos marinos del Caribe colombiano: Madreperla, ostra alada, concha de nácar y ostiones.
- Valero, A.P., Sánchez, S., García, C., Córdoba, A.J., De la Roche, J.P., Gómez, J., Castellanos, C., Torres, C., Rueda, M.E., Hernández, K.L., Bautista, R., Assmus J.P. y Caballero, Y.** 2000. Cultivo de bivalvos marinos en el Caribe colombiano: estado actual, potencial y perspectivas. *Colombia Ciencia y Tecnología*, (18): 10–16.
- Velasco, L.A.** 1996. Crecimiento y supervivencia de las ostras perlíferas, *Pinctada imbricata* y *Pteria cplymbus*, y de la hacha *Pinna carnea* en cultivo suspendido-Santa Marta, Colombia. Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia.
- Velasco, L.A.** 2005. Desarrollo de la tecnología para la producción de pectínidos del Caribe colombiano. Informe final proyecto de Investigación, Universidad del Magdalena – COLCIENCIAS, Santa Marta, Colombia.
- Velasco, L.A.** 2006. Effect of microalgal concentration and water temperature on the physiology of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *J. Shellfish Res.*, (25): 823–831.
- Velasco, L.A. y Barros, J.M.** 2007. Potencial reproductive conditioning of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Aquaculture*, (272): 767–773.
- Velasco, L.A. y Borrero, F.J.** 1996. Cultivo experimental de la ostra perlífera alada *Pteria colymbus* (Bivalvia: Pteriidae) en el Caribe colombiano. En: A. Silva y G. Merino, eds. *Acuicultura en Latinoamérica, comunicaciones cortas*. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura, Coquimbo, 15 al 18 de Octubre de 1996.
- Velasco, L.A. y Borrero, F.J.** 2004. Captación de semilla y cultivo experimental del hacha *Pinna carnea* Gmelin, 1791 (Bivalvia: Pinnidae) en el Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe colombiano. *Intropica*, (1): 75–83.
- Velasco, L.A. y Barros, J.M.** 2008. Experimental larval culture of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Aquaculture Research*, (39): 603–618.
- Velasco, L.A. y Barros, J.M.** En prensa. Survival and growth of hatchery-produced postlarvae and spat of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Aquaculture Research*.
- Velasco, L.A. y Barros, J.M. y Guerrero, A.** Growth and survival of the scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus* under suspended culture conditions in Taganga Bay, colombian Caribbean. *Aquaculture* (en prensa).
- Velasco, L.A.** 2007. Energetic physiology of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus* fed with different microalgal diets. *Aquaculture*, (270): 299–311.
- Velasco, L.A. y Vega, D.** 2005. Optimización de la técnica de reproducción artificial de la ostra del mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en Colombia. Informe final proyecto de Investigación, Universidad del Magdalena – COLCIENCIAS, Santa Marta, Colombia.
- Velasco, L.A., Barros, J.M. y Acosta, E.** 2007. Spawning induction and early development of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Aquaculture*, (266): 153–165.
- Wedler, E.** 1978. Cultivo de la ostra *Crassostrea rhizophorae* en la Ciénaga Grande de Santa Marta. En: *Memorias I Congreso Latinoamericano de Acuacultura*, México, 997–1004.
- Wedler, E.** 1980. Experimental spat collection and growing of the oyster, *Crassostrea rhizophorae*, Guilding, in the Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Aquaculture*, (21): 251–259.
- Wedler, E.** 1983. El cultivo de la ostra del Caribe *Crassostrea rhizophorae* Guilding. Facultad de Ingeniería Pesquera. Universidad Tecnológica del Magdalena 3, Colombia.
- Wedler, E.** 1998. Introducción en la acuacultura con énfasis en los neotrópicos. Santa Marta, Colombia.

**Wedler, E., Vélez, G., Giraldo, E. y Cruz, Y.** 2003. Desarrollo de un programa de tecnologías como combinación entre producción pesquera y manejo ambiental en lagunas eutroficas. Informe final proyecto de Investigación, Universidad del Magdalena – COLCIENCIAS, Santa Marta, Colombia.

**Yongue, C.M.** 1953. Form and habit in *Pinna carneae* Gmelin. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Series B., Biol. Sci.*, (648): 335–374.

# Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador

**Rafael Alvarez**

*Centro Nacional Acuicultura e Investigaciones Marinas*

*Guayaquil, Ecuador*

*E-mail: corbeta1234002@yahoo.com.mx*

**Lourdes Cobo**

*Centro Nacional Acuicultura e Investigaciones Marinas*

*Guayaquil, Ecuador*

**Stanislaus Sonnenholzner**

*Centro Nacional Acuicultura e Investigaciones Marinas*

*Guayaquil, Ecuador*

**Samuel Stern**

*Centro Nacional Acuicultura e Investigaciones Marinas*

*Guayaquil, Ecuador*

**Alvarez, R., Cobo, L., Sonnenholzner, S. y Stern, S.** 2008. Estado actual de la acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador. En A. Lovatelli, A. Fariñas e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 129–133.

## RESUMEN

El cultivo de moluscos bivalvos en el Ecuador inició en 1990 con la creación del Centro Nacional de Acuacultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). La primera especie de cultivo fue la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* importada desde Chile. La especie fue introducida exitosamente y actualmente presenta una explotación comercial limitada. El pectínido nativo, *Argopecten ventricosus*, también es cultivado en el CENAIM y ha demostrado tener algún valor comercial en mercados de consumo local. Los moluscos han sido desarrollados con varios sistemas de cultivo; linternas y/o «pearl» nets suspendidos en «longlines» mar afuera, así como en bandejas y/o almohadas en granjas camaroneras con condiciones apropiadas para el cultivo. Especies nuevas han sido adicionadas al programa de investigación, entre estas el pectínido *Nodipecten subnudosus* conocido localmente como mano de león. Esta especie tiene un valor comercial significativo en mercados internacionales, de ahí nuestro interés en el desarrollo de tecnología para su producción. Recientemente, hemos incorporado a nuestro programa el molusco *Spondylus princeps*, el mismo que ya hemos logrado madurar y obtener las primeras semillas. A lo largo de la costa ecuatoriana existen aún varias especies indígenas importantes no sólo por su valor comercial, sino también por su rol cultural y socioeconómico. El desarrollo de una industria de cultivo de moluscos en el Ecuador aun no ha ocurrido, sin embargo, esperamos que los recientes logros

tecnológicos de producción combinados con un creciente interés por parte del sector privado acuacultor motiven un desarrollo similar de estos cultivos al experimentado por Chile y Perú.

## ABSTRACT

The culture of marine bivalves in Ecuador initiated in 1990 with the creation of the National Centre for Aquaculture and Marine Research (CENAIM). The first species to be cultured was the Pacific oyster *Crassostrea gigas* introduced from Chile. This species has been successfully introduced and currently exploited commercially on a small-scale. The native scallop mollusc, *Argopecten ventricosus*, is also cultured at CENAIM and to a certain extent has demonstrated some commercial value on local markets. Various methods are employed in the culture of molluscs: suspended longlines, pearl nets, trays, etc., placed in the sea or shrimp ponds that have suitable farming conditions. A number of other mollusc species have been added to the current research programme including *Nodipecten subnodosus*, a large pectinidae found in local coastal waters commonly known as the “mano de leon”. This species has significant commercial value, hence there is an interest in developing its culture technology. Recently, CENAIM successfully closed the life cycle of the mollusc belonging to the genus *Spondylus* (known as thorny or spiny oysters). There are several indigenous species found along Ecuador's coast which are commercially important also from a socioeconomic and cultural points of view. The development of a thriving mollusc culture industry has yet to occur in Ecuador, however, recent technical developments, combined with a growing interest of the private sector in mollusc aquaculture, will hopefully see Ecuador following a similar path set by Chile and Peru.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura de moluscos bivalvos en Ecuador se inicia a partir de 1990, conjuntamente con la creación del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), el mismo que tiene como objetivo fundamental impulsar el desarrollo sostenible de la producción del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y la diversificación de la acuacultura en peces marinos y moluscos bivalvos.

La primera especie de moluscos bivalvo con la se trabajó en Ecuador, fue con la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*), introducida desde Chile. Esta especie fue cultivada adaptando la tecnología existente para la producción comercial de ostras con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA). Posteriormente, se desarrolló el cultivo del scallop nativo denominado concha abanico o concha blanca (*Argopecten ventricosus*), mediante un proyecto con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en todas sus fases; una vez concluido este proyecto y definidas las tecnologías necesarias, éstas fueron transferidas al sector acuícola privado, mediante exposiciones en congresos y artículos especializados (Blacio, 2000; Blacio *et al.*, 2001; Blacio *et al.*, 2002). La tecnología de cultivo de moluscos se desarrolló para su explotación tanto en mar abierto como en granjas de producción de camarones (*Litopenaeus vannamei*).

Los cultivos en mar abierto de las ostras se llevaron a cabo frente al CENAIM, aproximadamente a 3 millas de distancia de la costa, y a 15 metros de profundidad. Se utilizaron líneas suspendidas a media agua (longline) y pearl nets como sistema de engorde. Estas experiencias iniciales de cultivo no se pudieron concluir debido a los continuos robos, vandalismo y destrucción, y por las embarcaciones pesqueras (barcos arrastreros camaroneros) que se adentran a la costa en busca del crustáceo. Es importante recalcar que nuestro país tiene una plataforma continental muy amplia, lo que impide que el cultivo se realice muy cerca de la costa por falta de las profundidades necesarias.

Este tipo de cultivo no se ha desarrollado, lamentablemente debido a la falta de políticas gubernamentales que garanticen a los potenciales productores, sus inversiones por medio de una Ley de Concesiones de áreas marinas. El Estado se ha limitado únicamente a regular un ordenamiento de la actividad acuícola.

El cultivo de moluscos en granjas camaronesas ha tenido un éxito limitado, debido al poco interés de los productores, y por la carencia de leyes o regulaciones que permitan exportar el producto a los mercados internacionales. Una empresa privada produce intermitentemente pequeñas cantidades de ostras para la venta local. Sin embargo, los bajos precios del camarón han motivado a varios productores a realizar actualmente cultivos pilotos de 20 000 semillas de ostras en sus granjas, las mismas que fueron provistas por el CENAIM, así como la asistencia técnica, mediante la difusión de un manual de cultivo de ostras en granjas camaronesas, como visitas técnicas a los sitios de cultivo.

Para los cultivos en granjas camaronesas se utilizan sistemas suspendidos (pearl nets) que se cuelgan de líneas de cabos de polietileno fijados y tensados a estacas de madera que se alinean a 3 m de distancia de cada una, formando líneas de 15 a 21 m de longitud. En los canales de entrada también se utilizan líneas suspendidas con pearl nets (Figura 1). Para ello se ubican cabos dispuestos transversalmente a la corriente de agua, los mismos que están fijos a estacas de madera dispuestas en las orillas opuestas del canal. Por tener estos canales profundidades mayores a los 2 m, se utilizan cuelgas con mayor número de pearl nets.

Otro sistema que se ha utilizado en el cultivo en estanques son las bandejas de maderas de 0.25 m<sup>2</sup> de área con fondo de mallas plásticas, para permitir el flujo de agua a través de ellas. Se utilizan en menor medida los bolsos plásticos (tipo almohada) de 0.5 m<sup>2</sup> de área, estos 2 sistemas se ubican sobre largueros de caña gadúa, dispuestos en las orillas de los estanques, a 0.2 m de profundidad.

El mantenimiento de estos sistemas es relativamente sencillo, pero requiere de una mayor frecuencia de limpieza y mantenimiento debido a una mayor acumulación de

**FIGURA 1**  
**Sistemas suspendidos para cultivo de la ostra del Pacífico en reservorio de una camaronesa**



FIGURA 2

Pectínidos, mano de león *Nodipecten subnodosus* (izquierda) y *Argopecten ventricosus* (derecha)



FIGURA 3  
*Spondylus princeps* adulto



materia orgánica sobre las ostras, al encontrarse éstas muy cerca de la superficie del agua. La falta de limpieza de las ostras provoca no solamente la proliferación de Polidoras que perforan las valvas provocando la muerte de los organismos, sino que también se introduce en la parte interna de las valvas provocando su debilitamiento. Parte de la energía utilizada para el engorde y crecimiento es utilizada para combatir y aislar los cuerpos extraños presentes en su interior. Las producciones de semillas de esta especie se realizan en el laboratorio. Para tal efecto el CENAIM mantiene aproximadamente 5 000 ejemplares en la estación experimental, que son reemplazados cada 3 meses, además se mantiene un banco de reproductores en el laboratorio de 150 ejemplares para los desoves regulares.

Los pectínidos nativos (concha abanico, scallops) no tuvieron el éxito comercial deseado, debido principalmente a las bajas cotizaciones de sus precios en los mercados internacionales. Además, los cultivos en granjas están restringidos a 8 meses que corresponden a la estación fría (verano ecuatoriano), debido a la poca tolerancia a temperaturas superiores a los 27 °C; también se puede evidenciar que la calidad del pectínido no es igual a la de un pectínido cultivado en el mar, puesto que la coloración de las góndadas son opacas. Por este motivo, el CENAIM se encuentra actualmente implementando la tecnología de producción de *Nodipecten subnodosus*, pectínido de mayor

tamaño, conocido localmente como mano de león (Figura 2). Esta especie puede alcanzar tallas superiores a los 160 mm y sus precios en los mercados internacionales son muy atractivos. Los reproductores han sido colectados mediante buceo autónomo. No tenemos evidencia de la existencia de un banco natural de esta especie cercano a los sitios habituales de capturas. Sin embargo, se mantiene un banco de reproductores, desde donde se colectan algunos ejemplares para llevarlos al laboratorio y acondicionarlos, de manera que una vez hayan alcanzado la madurez gonadal, puedan ser inducidos al desove. Es importante indicar, que el desarrollo de cultivo de la especie anteriormente mencionada, se basa en la producción de semillas de laboratorio, ya que al desconocer la ubicación de sus bancos naturales no se pueden obtener semillas por captación natural.

La explotación de bancos naturales de ostras nativas por parte de buzos de las comunidades pesqueras a lo largo de la costa de Ecuador, en particular de la especie *Spondylus* sp. (Figura 3), es muy apreciada no sólo por su comida, si no también por sus valvas, que han motivado que organizaciones locales responsables de programas de manejo de recursos costeros, así como organizaciones no gubernamentales con orientación social, busquen centros como el CENAIM para el desarrollo de proyectos tecnológicos de producción de semilla para fines de repoblación de bancos naturales. En enero del presente año, se inició un proyecto de producción de semilla de *Spondylus princeps* en los laboratorios del CENAIM. En la primera fase se han logrado varios

desoves, y como producto de ello, las primeras semillas que serán sembrados en sistemas de cultivo en mar abierto. El proyecto se realizará en colaboración con asociaciones de buzos de varias localidades pesqueras, quienes tendrán bajo su responsabilidad el cuidado y mantenimiento de los sistemas de cultivo con la supervisión técnica del CENAIM.

## CONCLUSIONES

La acuicultura de moluscos bivalvos no se desarrollará en el Ecuador, mientras no exista una política estatal acorde a las exigencias que demanda la explotación de estos recursos. Consideramos necesario la colaboración con países de la región como Chile y Perú, los mismos que poseen leyes y regulaciones sólidas de concesiones, así como experiencias en programas de manejo sustentable de estos recursos, para lograr con éxito el desarrollo de la acuicultura de moluscos en nuestro país. La existencia de industrias proveedores de servicios y materiales marinos en estos países de la región permitiría un desarrollo considerable del cultivo de moluscos en el Ecuador.

Si bien por más de 17 años los cultivos de moluscos bivalvos en Ecuador no han tenido el desarrollo logrado por Chile y otros países Latinoamericanos, actualmente esperamos que el cultivo de la ostra del Pacífico logre la aceptación de productores que actualmente están llevando cultivos pilotos en sus camarones.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blacio, E.** 2000. Los scallops: Otro fruto de mar exportable. Desafío. *Revista de Ciencias y Tecnología de Ecuador* (FUNDACYT). Vol. 1, No. 1 (Abril).
- Blacio, E.** 2002. Posibilidades de diversificación en la acuacultura ecuatoriana. *Revista El Mundo Acuícola (CENAIM)*, Vol . 8, No. 2, Octubre.
- Blacio, E., Alvarez, R. y Lombeida, P.** 2001. Tecnología para el cultivo de scallops (*Argopecten ventricosus* Sowerby 1835) en Ecuador. *Sexto Congreso Ecuatoriano de Acuacultura*, Guayaquil, Ecuador, Octubre 27 al 29.



# Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela

**César Lodeiros Seijo**

Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Universidad de Oriente  
Fundación para la Investigación y Desarrollo del Edo. de Sucre  
Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela  
E-mail: cesarlodeirosseijo@yahoo.es

**Luis Freites Valbuena**

Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Universidad de Oriente  
Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela

**Lodeiros Seijo, C. y Freites Valbuena, L.** 2008. Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 135–150.

## RESUMEN

En Venezuela, los moluscos bivalvos han mantenido siempre una expectativa de ser cultivados masivamente, particularmente en el nororiente; sin embargo, tan solo en la década de los 70 y 80 hubo un desarrollo con producciones entre 200–300 toneladas/año, con las especies de las ostras *Crassostrea rhizophorae* y *Crassostrea virginica* y particularmente el mejillón marrón *Perna perna*. No obstante, muchas otras especies muestran ser adecuadas para la producción por acuicultura; de esta manera, el mejillón verde *Perna viridis* y las ostras perlíferas *Pteria colymbus* y *Pinctada imbricata* (con dualidad de producción: consumo directo y producción de perlas) muestran una aceptable recolecta de semilla en el medio natural y tasas elevadas de crecimiento y supervivencia en condiciones de cultivo. En los pectínidos *Euvola ziczac* y *Nodipecten nodosus* las técnicas de producción masiva de semillas y estrategias de cultivo se encuentran establecidas y validadas. El cultivo de estas dos especies de pectínidos (al igual que el de *Crassostrea rhizophorae*) podría inclusive coadyuvar al mantenimiento de las poblaciones nativas, ya que estas especies están en riesgo de extinción como recurso natural explotable. El aumento significativo del consumo de productos marinos en Venezuela y disponibilidad de financiamiento, como política de seguridad alimentaria que el gobierno de la República Bolivariana de Venezuela promueve, particularmente para el desarrollo de la acuicultura con las comunidades costeras, muestran un escenario positivo para el desarrollo del cultivo de moluscos en Venezuela.

## ABSTRACT

In Venezuela bivalve aquaculture has always been considered as an potential industry for the mass production of marine products, particularly in the northeast regions. Only in the 1970s and 1980s a few companies began producing between 200–300 tonnes of

oysters (*Crassostrea rhizophorae* and *Crassostrea virginica*) and one species of mussel (*Perna perna*). Many other species have been identified as potential candidates for aquaculture. The green mussel, *Perna viridis*, and the pearl oysters *Pteria colymbus* and *Pinctada imbricata* (for human consumption and pearl production) show acceptable natural seed abundance, elevated growth and survival rates under culture conditions. The commercial hatchery production of *Euvola ziczac* and *Nodipecten nodosus* seed has been demonstrated along with their culture techniques. The farming of these two scallop species (as well as of *Crassostrea rhizophorae*) could also contribute to the maintenance of the native populations particularly, as most natural banks have been overexploited in the last decade. The significant increase in consumption of marine products in Venezuela and the availability of funds from the Venezuelan government for food production, particularly its support of aquaculture activities in coastal communities, indicates a positive scenario for the development of mollusc aquaculture in Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

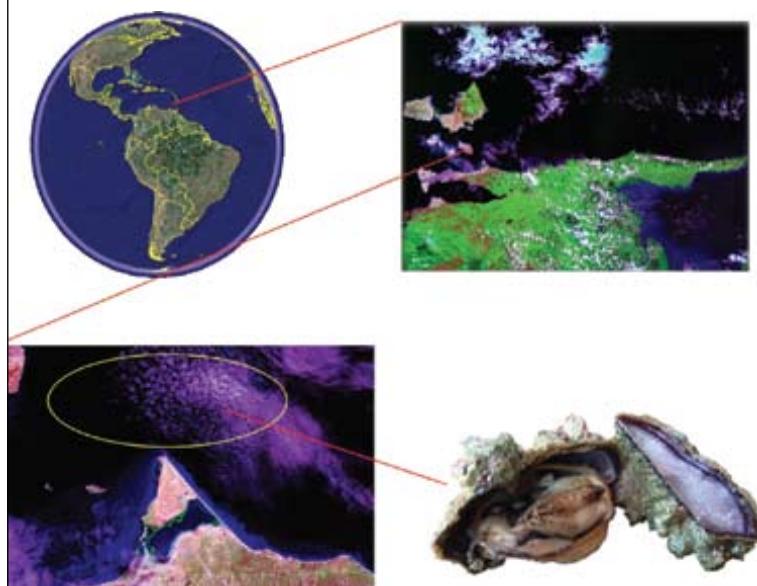
La acuicultura en Venezuela es una actividad consolidada con el camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, cultivo que se encuentra en expansión, mostrando estimaciones para el año 2007 de unas 27 000 toneladas, siendo más del 85 por ciento de la producción total por acuicultura en el país. El cultivo de peces de aguas continentales: cachama (*Colossoma macropomum*), morocoto (*Piaractus brachypomus*) o el híbrido de ellos, se encuentra también en fase de expansión, ellos suponen para el presente año unas 7 500 toneladas, luego el cultivo de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), particularmente en la zona de los andes venezolanos se ha mantenido con producciones de 400 a 800 toneladas año en los últimos años, estimándose para el año 2007 unas 1 000–1 800 toneladas. Las tilapias, no han tenido, hasta ahora, un desarrollo elevado manteniéndose producciones de unas 200–400 toneladas en los últimos años. Otras especies de peces han sido comercializadas y muestran buenas perspectivas como el coporo o boca chico (*Prochilodus mariae*), el bagre rayado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), así como los camarones de agua dulce (*Macrobrachium rosenbergii* y *Macrobrachium amazonicus*). Algunas empresas se han establecido para la producción de algas (*Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma denticulatum* y *Gracilaria tenuifrons*), pero hasta los momentos no han tenido producciones relevantes. Los moluscos, particularmente los bivalvos, han mantenido siempre una expectativa para la producción, particularmente en el nororiente de Venezuela y tan solo en la década de los 70 y 80 hubo un desarrollo con producciones entre 200–300 toneladas/año; en la actualidad se mantienen las expectativas, y probablemente con un escenario más adecuado para el desarrollo del cultivo de moluscos bivalvos por comunidades costeras, lo cual se discutirá más adelante.

Como una regla teórica general, el Caribe al estar ubicado en el trópico, es una zona que posee muchas especies y poca producción, lo cual conduce a considerar la región como un sistema biodiverso y oligotrófico. No obstante, en algunas zonas costeras donde existe el aporte orgánico por descargas de ríos, o la existencia de sistemas de manglares o bien, de una forma más amplia, los procesos de surgencia costera debido a la periodicidad de los vientos alisios, se produce un aumento de la producción, la cual puede llegar a establecerse en más de 300 mg de C/m<sup>2</sup>, producto, principalmente de la actividad fitoplanctónica. Esta actividad, conduce, por ejemplo a una producción de clorofila-*a* generalmente por encima de 1 µg/L, adecuada para soportar elevadas producciones de organismos acuáticos, rompiendo de esta manera la teoría rígida de la baja producción en los sistemas tropicales. Estos fenómenos de surgencias en el Caribe, acontecen principalmente en el sur-este de la región, la cual corresponde a la plataforma nororiental de Venezuela y han permitido, una elevada producción por pesca marítima relevante, caracterizada, cada vez más, como pesca artesanal, soportando actualmente más del 75 por ciento de la producción de unas 300–400 000 toneladas/año y ocupando los

moluscos un lugar importante, debido principalmente al bivalvo «pepitona» *Arca zebra* (Figura 1), con unas 40 000 toneladas/año, proveniente en más del 90 por ciento del banco de Chacopata, en el nororiente de Venezuela, el cual posee una extensión de unos 70–80 km<sup>2</sup> (Lodeiros *et al.*, 2006).

En Venezuela, desde mediados del siglo pasado, algunas instituciones de investigación, principalmente el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, la Fundación La Salle y el Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente, han realizado diversas investigaciones en función de establecer paquetes tecnológicos en el cultivo del mejillón *Perna perna*, el ostión u ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* y la ostra americana *Crassostrea virginica* (Figura 2), siendo estas especies las que se han cultivado de forma comercial, aunque con bajas y discontinuas producciones (10–200 toneladas/año), establecidas principalmente en las décadas de los 70' y 80' (Vélez y Lodeiros, 1990). En la actualidad, solo existen actividades de cultivo a pequeña escala y en estado de desarrollo, lo que tiene como consecuencia que el cultivo de moluscos bivalvos aún no se haya consolidado.

**FIGURA 1**  
**Pepitona o pata de cabra, Arca zebra y ubicación de su banco natural, Chacopata, nororiente de Venezuela**



**FIGURA 2**  
**Especies de bivalvos cultivados comercialmente en Venezuela**



Mejillón marrón, *Perna perna*



Ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae*

Ostra de mangle, *Crassostrea virginica*

En lo referente al **mejillón marrón**, *Perna perna*, todas las experiencias de cultivo se han realizado en el nororiente de Venezuela, y más específicamente en las costas de los Estados Sucre y Nueva Esparta. Esta especie subtropical se ha establecido en dicha zona debido a las surgencias de aguas subsuperficiales que originan periódicamente, mezclas de aguas, induciendo una elevada producción primaria y temperaturas relativamente bajas, que son más características de zonas subtropicales (Okuda, 1978; Lodeiros y Himmelman, 2000). Las primeras experiencias de cultivo se iniciaron en 1960 con colaboración de expertos españoles, y posteriormente se llevaron a cabo experiencias de cultivo piloto en zonas de los bancos naturales en la costa norte del estado Sucre, golfo de Cariaco, bahía de Mochima e isla de Margarita; los resultados concluyeron en un mayor crecimiento en las zonas de los bancos naturales, pero la mejor rentabilidad fue obtenida en el golfo de Cariaco, región que por estar abrigada proporcionó mayor perdurabilidad de los sistemas de cultivo utilizados (balsas flotantes), además de estar más cerca de los centros de comercialización (Vélez y Lodeiros, 1990). Las larvas y postlarvas de esta especie presentan sus máximas concentraciones asociadas a los períodos de surgencia continua (noviembre-diciembre a abril-mayo), ya que los desoves se encuentran asociados a temperaturas frías (Acuña, 1977; Vélez y Epifanio, 1981); debido a ello, la obtención de semillas con talla de 25 a 40 mm, se puede realizar a partir de abril. La recolección se realiza de forma manual sobre rocas o sustratos duros hasta el mes de agosto, en los bancos naturales establecidos en la zona intermareal o submareal y a pocos metros de profundidad. Con este objetivo se han ensayado diversos materiales para la captación de semillas, desde cuerdas de sisal impregnadas con alquitrán de petróleo y aceite de coco, tiras de cauchos o neumáticos entrelazadas, hasta redes en desuso; siendo estas últimas las de mejor utilidad. Para la captación de semilla se han desarrollado con éxito ensayos de parques fijos; sin embargo, hasta el presente siempre se ha dependido de la recolección suplida por los lugareños de los bancos naturales.

Los sistemas de cultivo de mejillón utilizados han sido unidades de flotación tipo balsas o bateas similares a las utilizadas en las rías gallegas, pero de menor superficie de plataforma de cultivo, construyendo los flotadores de poliuretano expandido revestido de madera o fibra de vidrio. En un principio, se utilizaron como sustrato de fijación cuerdas de sisal y varas de bambú (*Bambusa vulgaris*) y del árbol Guatacare (*Beuriquia cumanensis*) que tiene la particularidad de tener alta resistencia a incrustantes y posee elevada durabilidad en el medio marino. Estas varas se utilizaron con relativo éxito, pero luego fueron sustituidas por cuerdas de neumáticos entrelazados, las cuales perduraron como sistema en el cultivo, a pesar de obtenerse una tasa más alta de desprendimiento de mejillón (Vélez y Lodeiros, 1990).

A partir de la década de los años 70, ya se había desarrollado una pequeña industria del cultivo de mejillón con producciones anuales de unas 200 toneladas/año. No obstante, a partir de 1977, una elevada incidencia de turbios o mareas rojas causó la acumulación de biotoxinas en mejillones (particularmente de los bancos naturales), y murieron nueve personas (Ferraz-Reyes *et al.*, 1979), lo cual condujo a un control estricto por las autoridades gubernamentales, limitando el mercado y la producción en los siguientes años. Al reducirse la incidencia de mareas rojas a principios de los años 80, la producción se incrementó llegando a unas 150–200 toneladas/año, pero en 1985 reincide los efectos biotóxicos, lo cual produjo la perdida, en casi su totalidad, de las 200 toneladas y con ello una gran desconfianza en el consumidor, colapsando el mercado y la industria de cultivo de mejillón en Venezuela. En la actualidad, las producciones son de unas 10–12 toneladas/año, debido a un productor con dos pequeñas balsas o bateas y cuyo producto es dirigido a un restaurante de su propiedad y venta *in situ*.

Si bien, el cultivo del mejillón marrón en Venezuela ha tenido una factibilidad biológica y económica adecuada, éste no ha tenido éxito principalmente debido a la

FIGURA 3

**Cultivo piloto de mejillones en la comunidad pesquera La Fragata, Golfo de Cariaco, Edo. Sucre, Venezuela**



incidencia de biotoxinas. Otro factor importante ha sido la competencia entre los pescadores artesanales que ejercen actividad de explotación en los bancos de mejillones (quienes también son claves para el suministro de semillas) y los cultivadores, lo cual disminuyó el valor del producto, haciéndolo poco atractivo para el acuicultor. No obstante, desde hace unos años, el Gobierno Nacional, a través del Instituto de Investigaciones Agrícolas y en concordancia con el Ministerio del Poder Popular para la Salud, ha establecido un monitoreo continuo de biotoxinas en productos marinos, con especial énfasis en los moluscos bivalvos, lo cual ha sido una plataforma adecuada para un mejor manejo de los cultivos. En este sentido, actualmente se están haciendo esfuerzos por parte de entes gubernamentales, tales como: el Instituto Socialista de la Pesca y Acuicultura (INSOPESCA), la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACITE) del Estado Sucre. Este último ente, tuvo la iniciativa de crear una fundación para desarrollar y promover la acuicultura, en función de la seguridad alimentaria, como es la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre (FIDAES), con este objetivo, la fundación está transfiriendo a las comunidades costeras tecnología para el desarrollo del cultivo de mejillones, con el fin de crear una industria comunitaria suplidora del producto a empresas procesadoras.

De esta manera, se está ensayando el cultivo con las comunidades costeras (Figura 3) en función de establecer la producción por cooperativas para una producción sostenida, la cual tendría asegurada gran parte su mercado, debido a que existen en la región oriental una serie de empresarios con una industria ya consolidada para el procesamiento de productos marinos, principalmente sardina, atún y pepitota. Dicha producción mejillonera vendría a diversificar sus productos, generando un escenario propicio de desarrollo de la actividad.

**La ostra de mangle,** *Crassostrea rhizophorae*, una especie hermafrodita protándica, que se encuentra en la zona intermareal fijada sobre raíces del mangle rojo *Rhizophora mangle*, ha contribuido al sustento económico de algunas comunidades. El fácil acceso a los bancos naturales y los elevados precios en sitios turísticos, generó una sobre explotación acompañada con acciones irracionales (corte de raíces de manglares), que ha conducido a graves consecuencias ambientales y con ello, la baja disponibilidad de semilla del recurso.

En la actualidad la disponibilidad de semilla con relativa abundancia de *Crassostrea rhizophorae* solo se establece en zonas protegidas, decretadas como parques nacionales

(Parque Nacional La Restinga, Isla de Margarita), lo cual imposibilita legalmente la recolecta para establecer los cultivos masivos. Esta especie se ha cultivando en el golfo de Cariaco usando como recolectores artificiales a conchas de bivalvos, particularmente del abundante árcido *Arca zebra*, dispuestas a manera de ristra en la columna de agua o bien contenidas en mallas; mientras que, en la isla de Margarita se ha utilizado tejas de asbesto o planchas de cemento, dispuestas en parque fijos para la recolecta de semillas. El proceso de siembra se realizó con semillas de 15 a 25 mm, suspendiendo las ristras de conchas y tejas en balsas. En el caso de las tejas, se les hacía un proceso de eliminación de algunas semillas, con la finalidad de controlar la competencia intraespecífica, repitiéndose este proceso en el transcurso del periodo de crecimiento. De esta manera, las ostras alcanzaban el tamaño comercial (70 mm) a los 6 y 8 meses desde la siembra. Las dos empresas que se establecieron en la década de los 70 producían un total de unas 20 toneladas/año, que se comercializaba en restaurantes y hoteles en la ciudad de Caracas (Vélez y Lodeiros, 1990). Un hecho que ha conducido al poco desarrollo del cultivo de esta especie es la elevada incidencia de los organismos del *fouling*, sea como competidor por el espacio en la fijación de las semillas, o por el alimento de las semillas ya establecidas, afectando de ambas maneras la producción. Además de esto, también afecta su producción debido a que incrementa la mano de obra para la eliminación del mismo, con el fin de obtener un producto con una presencia adecuada para el consumidor (Vélez y Lodeiros, 1990).

Recientemente, el cultivo se ha desarrollado con comunidades de pescadores de Cuare, en el Parque Nacional Morrocoy, edo. Falcon, en el occidente del país, utilizando tejas dispuestas en parques fijos, haciendo el cultivo una actividad alternativa a la pesca. A parte de ello, una serie de estudios realizados por la Salle y el Instituto Oceanográfico de Venezuela sobre variables en función de optimizar el cultivo (Buitriago *et al.*, 1999; Buitriago *et al.*, 2000; Villarroel *et al.*, 2004; Lodeiros *et al.*, 2007), canalizan una serie de conocimientos para establecer estrategias de cultivo, una de ellas es, por ejemplo: la adecuada colecta de semillas en la Laguna de la Restinga, Isla de Margarita, con colectores artificiales provenientes de material de desechos plásticos usados para el envase de sodas o refrescos, una alternativa de bajo coste y de aprovechamiento de material recicitable que debido a su plasticidad disminuye notablemente la perturbación de la semilla en su desprendimiento para la siembra (Buitrago y Alvarado, 2005).

*Crassostrea rhizophorae*, posee un valor unitario elevado, su consumo es tradicional en restaurantes y sitios turísticos y en la actualidad existe suficiente información para establecer con éxito su cultivo. No obstante, la mayor limitante es la disponibilidad de semilla. Actualmente, instituciones gubernamentales, particularmente el INSOPESCA en el oriente del país y la Fundación para la Defensa de la Naturaleza (FUDENA) en el occidente (Figura 4), están haciendo esfuerzos para la transferencia de tecnología hacia las comunidades pesqueras.

La **ostra americana**, *Crassostrea virginica*, se distribuye a lo largo de la costa este de América, desde el golfo de San Lorenzo en Canadá hasta el sur de Brasil. Las poblaciones de esta ostra en Venezuela parecen haber iniciado un proceso de divergencia morfológica, ya que en el occidente, en los caños tributarios del golfo de Venezuela, la pigmentación de la huella muscular es difusa y las de los caños (de Guarique) tributarios del golfo de Paria, han perdido la pigmentación, sugiriendo que las poblaciones de Venezuela son un morfotipo o bien una subespecie (Ahmed, 1975; Lodeiros *et al.*, 1999). En estas dos zonas, las aguas son salobres (8–23 ppm) con temperaturas elevadas (media anual de 29 °C) y de alto contenido orgánico, y en ambas, sus poblaciones fueron y están siendo explotadas de manera extensiva. De este modo, en el occidente se desarrolla una actividad de recolecta de juveniles y adultos, que son mantenidos en áreas para el engorde, producto que está dirigido al mercado de la ciudad de Maracaibo y mercados colombianos.

FIGURA 4

Cultivo piloto de *Crassostrea rhizophorae* con las comunidades pesqueras: cultivo en balsas en el nororiente de Venezuela, con apoyo del INSOPESCA y cultivo en sistema fijo en occidente con apoyo de FUDENA

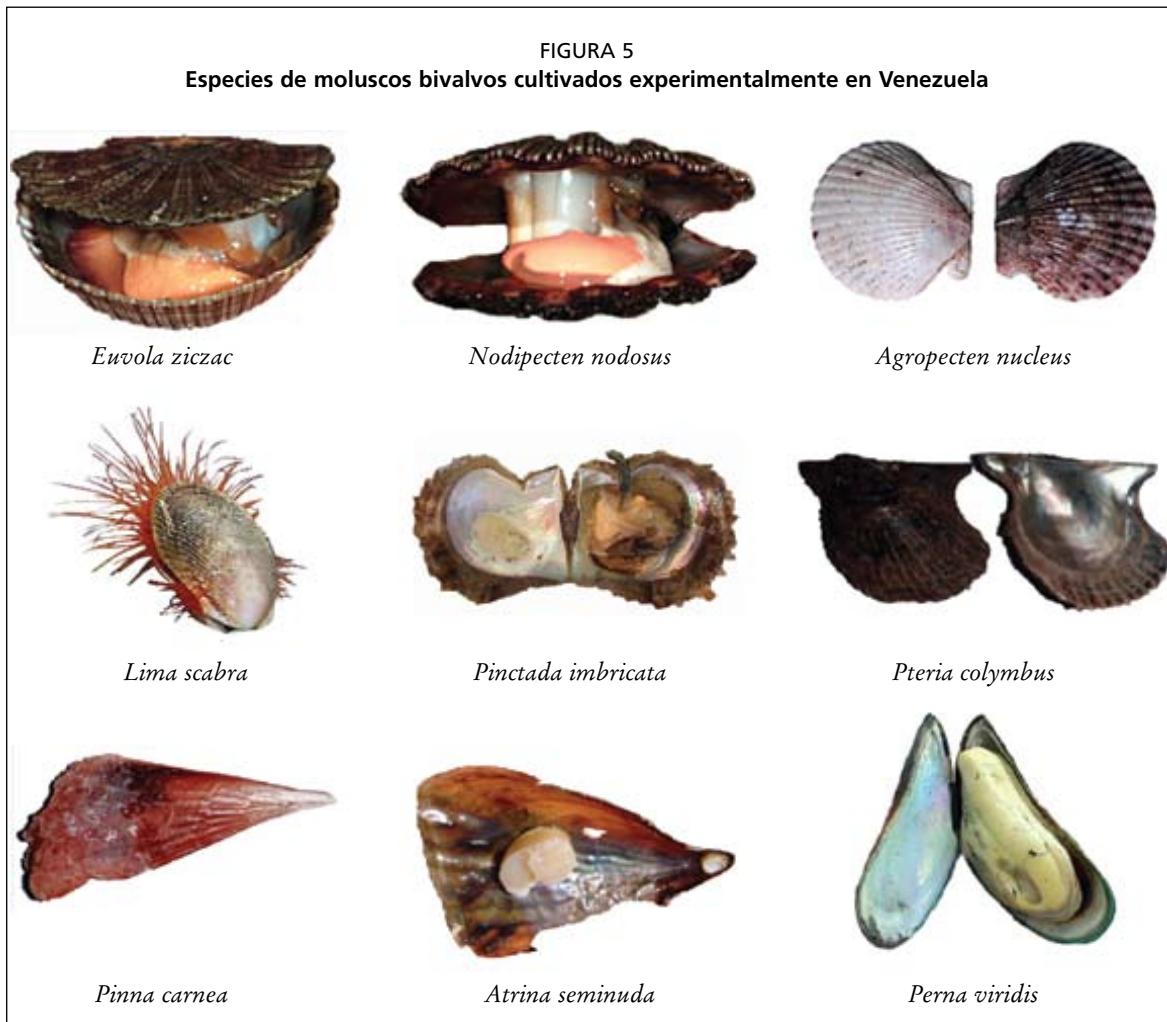


En la región oriental se han ensayado diferentes colectores artificiales para la captación de semillas, como cuerdas de polietileno, tiras de caucho vulcanizado y palos de madera, ubicados en zonas de alta densidad larvaria. De estos colectores, los más eficaces fueron las tiras de caucho, elaboradas con neumáticos de desecho (Vélez y Lodeiros, 1990). Según Ruano y Ogawa (1981), en los caños de Guarique existen una elevada disponibilidad de semillas, concluyendo en una elevada factibilidad biológica para el cultivo, ya que estimaron unas 5 000 larvas/l, con reclutamientos de 50 000 postlarvas/m<sup>2</sup>, las cuales en un año obtienen entre 80 y 120 mm (Cervigón, 1983).

El cultivo se desarrolló con cuerdas de caucho suspendidas de balsas o bateas de 15 x 6 m para una capacidad de 420 tiras de 6 m. A principios de la década de los 80, en Guarique el Gobierno Nacional estableció una empresa de cooperativa con 10 familias de pescadores, operando durante 3 años, con una proyección de 1 000 toneladas/año. La producción no llegó a alcanzar el 25 por ciento de lo programado y la empresa comunitaria quebró por falta de comercialización del producto (Vélez y Lodeiros, 1990). Aunque se han realizado esfuerzos en reiniciar los cultivos en la zona de Guarique, éstos no han tenido éxito, debido, entre otros factores, al poco financiamiento dirigido a los proyectos y el no adiestramiento adecuado de las comunidades para la transferencia de tecnología, unido con poca demanda de ostras en los mercados.

Si bien existe una gran factibilidad biológica del cultivo de *Crassostrea virginica* en los caños tributarios del golfo de Paria, la ostra por ser de agua salobre no posee una calidad adecuada, a parte de poseer una carga bacteriológica elevada (Serrano, 1982). Algunos estudios realizados por el Grupo de Investigaciones sobre Biología de Moluscos de la Universidad de Oriente, muestran que haciendo depuraciones de la ostra por un tiempo prolongado de 12–24 h en salinidades más altas (28–30 ppm), se puede bajar la carga bacteriológica notablemente y la ostra adquiere un sabor mucho más agradable, comparable al de *Crassostrea rhizophorae*. Este tratamiento, surge como una alternativa atractiva para la disposición de un mejor producto.

Como se indicó con anterioridad, la región del Caribe, es una de las de mayor biodiversidad en moluscos. Díaz y Puyana (1994) y Lodeiros *et al.* (1999) han catalogado más de 300 especies de bivalvos, los cuales en un gran porcentaje son comerciales o con potencialidad comercial, lo cual permite una base extensa para elegir especies en función de aumentar su producción por actividades de acuicultura y diversificar la producción. En vista de ello, desde los 90, se han realizado diversas investigaciones en especies con un valor unitario más elevado, como los pectínidos, los cuales han concluido en una factibilidad biológica adecuada. Las especies estudiadas



fueron «la concha de margarita» *Euvola ziczac*, el «papo de la reina» *Nodipecten nodosus* y la «vieira del Caribe» *Argopecten nucleus* (Figure 5; Vélez y Lodeiros, 1990; Maeda, 2001). Otras especies también han sido estudiadas en función de considerarlas para actividades de acuicultura, como la escalopa de fuego o concha roja *Lima scabra*, las ostras perleras *Pinctada imbricata* y *Pteria columba*, concha de abanico o rompe chinchorro *Pinna carneae*, el callo de hacha o cucharon *Atrina seminuda* y el mejillón *Perna viridis* (Figura 5), una especie del Indopacífico que accidentalmente ha sido introducida vía Trinidad y Tobago hacia las costas Venezolanas (Agard *et al.*, 1992; Lodeiros *et al.*, 1999).

En la mayoría de los casos, a las especies que mostraron una abundancia y disponibilidad de semilla en el medio natural, se les evaluó su crecimiento y supervivencia, confinándolas bajo cultivo suspendido en cestas japonesas o «pearl nets», cestas españolas o bien modificaciones de éstas, según el comportamiento particular de cada especie. Una excepción fue el mejillón verde *Perna viridis*, el cual fue cultivado experimentalmente en cuerdas hechas de neumáticos, utilizando para la siembra mallas especiales para su cultivo. En algunas especies, principalmente en aquellas con un valor unitario elevado y que no se captan abundantemente con colectores artificiales, como los pectínidos *Euvola ziczac* y *Nodipecten nodosus* se ha desarrollado la producción de semilla en condiciones controladas (Uriarte *et al.*, 2001; De la Roche *et al.*, 2002).

Estudios de captación de semillas en el golfo de Cariaco durante 14 meses, utilizando colectores artificiales tipo japonés de malla cebollera con filamento interno de dimensión de 60 x 30 cm (Jiménez *et al.*, 2000; Marquez *et al.*, 2000), mostraron que las especies de mayor abundancia colectadas en estado juvenil (semillas) fueron

*Pinctada imbricata* (hasta 1 100 semillas colector<sup>1</sup>/mes, promedio 150), *Pteria columbus* (80 semillas colector<sup>1</sup>/mes) y *Pinna carnea* (40 semillas colector<sup>1</sup>/mes), las dos primeras se colectaron durante casi todo el año y la tercera periódicamente. Un grupo abundante fue el de los pectínidos (hasta 150 semillas colector<sup>1</sup>/mes), representado principalmente por las especies *Argopecten nucleus*, *Chlamys mucosus* y *Leptopecten bavayi*, y en menor abundancia, *Euvola ziczac* y *Nodipecten nodosus*. De estas especies de pectínidos *Chlamys mucosus* y *Leptopecten bavayi* son de pequeña talla (<30 mm), descartando su posible carácter comercial, a no ser por consideraciones de uso ornamental. Las especies *Euvola ziczac* y *Nodipecten nodosus* no mostraron una abundancia relevante (<10 semillas colector<sup>1</sup>/mes). En contraste con estas especies, *Argopecten nucleus*, mostró una relativa disponibilidad de semilla (unas 20–30 semillas colector<sup>1</sup>/mes, durante gran parte del año). Otros grupos de gran importancia colectados fueron las ostras, principalmente *Ostrea equestris* y *Ostrea* spp. (ostras no comerciales) y los Gasterópodos. En el caso de las ostras colectadas, ellas forman parte del «fouling» sobre las conchas de los bivalvos bajo cultivo, determinándose que influyen negativamente en el crecimiento y la supervivencia de *Euvola ziczac* bajo cultivo suspendido (Lodeiros y Himmelman, 1996). En el caso de los gasterópodos, se ha demostrado que muchos de ellos son los principales depredadores de juveniles de bivalvos, bajo condiciones de cultivo suspendido en el golfo de Cariaco (especies del género *Cymatium*; Figura 6), ya que los mismos entran a través de la red de las cestas vía larva, desarrollándose rápidamente y depredando una gran cantidad de juveniles, lo cual disminuye notablemente el porcentaje de supervivencia en el cultivo intermedio de bivalvos (Narváez et al., 1999; Freites et al., 2000; Lodeiros et al., 2002; Villarroel et al., 2004).

El cultivo suspendido, tanto de *Pteria columbus* como *Pinctada imbricata* muestran sobrevivencias mayores al 90 por ciento y un continuo crecimiento, obteniendo posibles tallas comerciales (~50–60 mm) a los 7 meses; esta característica sumada a la escasa correlatividad de las tasas de crecimiento con la disponibilidad de alimento (abundancia fitoplanctónica y seston en general) y la temperatura, muestran una clara independencia de los factores ambientales (Lodeiros et al., 2002). Además de esto, la capacidad de formar perlas, las óptimas cualidades organolépticas de ambas especies, particularmente *Pinctada imbricata*, considerada como una exquisitez en puestos de venta artesanales, dirigidos principalmente a la oferta turística y donde son consumidas en crudo, vinagretas o conservas, junto con lo ya expuesto de su rápido crecimiento, alta supervivencia y alta disponibilidad de semilla, a través del año, hacen de las ostras perlíferas excelente especie para objetivos de cultivo. En la actualidad, una empresa de cultivo con proyecciones de producción de perlas ha iniciado sus actividades en la Isla de Cubagua, estado de Nueva Esparta, en el noreste de Venezuela; aunque no se tienen por ahora datos de su producción, existe una proyección con buenas perspectivas (observación personal).

FIGURA 6  
Gasterópodo *Cymatium* sp., una de las principales especies depredadoras de los cultivos de moluscos bivalvos en Venezuela



Las experimentaciones del cultivo suspendido de *Pinna carnea* muestran altas tasas de supervivencia (mas de 95 por ciento) y proyecta obtener tallas comerciales en un período de 12–14 meses, si se considera como producto el músculo; no obstante, el músculo es tan solo el 18 por ciento del tejido total, alcanzando los tejidos una masa húmeda de 20,5 g, atractiva para la comercialización. El acelerado incremento inicial permite alcanzar unos 10 g de masa húmeda del tejido en 5 meses; a partir de ese momento, los procesos reproductivos se conjugan con los factores ambientales, lo cual inducen a una gran variabilidad en el crecimiento de los tejidos, poco adecuado para actividades de cultivo comercial (Narváez *et al.*, 1999). A pesar de ello, la alta supervivencia, permite considerarla como una especie alternativa para el cultivo con otros organismos.

En cuanto a la especie *Argopecten nucleus*, muestra una alta supervivencia (mas de 90 por ciento) y un rápido crecimiento en condiciones de cultivo suspendido, alcanzando tallas de 40 mm en tan solo 5–6 meses (Lodeiros *et al.*, 1993). Esta especie es de vida corta (aparentemente <1 año) y el desove a partir 40–45 mm, parece estar asociado con elevadas tasas de mortalidad. Aunque los niveles de abundancia de semillas en los colectores artificiales de esta especie acontecen en gran parte del año, estos son moderados. Ello, conjuntamente con la talla pequeña del pectínido sugiere considerarla como una especie con poca proyección comercial; sin embargo, si la misma es considerada como una almeja fina, el cultivo de la especie podría ser promisorio.

Aunque *Euvola ziczac* y *Nodipecten nodosus* no son colectados naturalmente para establecer actividades de cultivo, el elevado valor unitario de dichos pectínidos, justifica la producción de semillas bajo condiciones controladas. En Venezuela, estas especies han sido objeto de un número considerable de estudios (mas de 50 publicaciones científicas), parte de las cuales han llevado a establecer las técnicas de reproducción y producción de semilla en condiciones controladas, mejoramiento genético, así como la producción en sistemas suspendidos y de fondo (Vélez y Lodeiros, 1990; Lodeiros *et al.*, 1998, Avendaño *et al.*, 2001; Freites *et al.*, 2001; Maeda *et al.*, 2001; Uribe *et al.*, 2001, De La Roche *et al.*, 2002; Mendoza *et al.*, 2003; Lodeiros *et al.*, 2006). Ambas especies muestran un crecimiento rápido en cultivo intermedio bajo condiciones de cultivo suspendido; sin embargo, en *Euvola ziczac* a partir 35–40 mm, factores endógenos (reproducción), exógenos (principalmente el «fouling» sobre las conchas y períodos de altas temperaturas con baja disponibilidad fitoplanctónica) y relativos al sistema suspendido (movimiento de las cestas por efecto de las olas) interactúan para confluir en una disminución drástica del crecimiento y la supervivencia (Vélez *et al.*, 1995; Lodeiros y Himmelman, 1996; Freites *et al.*, 1999; Hunault *et al.*, 2005). No obstante, la alternativa del cultivo de fondo en cestas abiertas, muestra ser una solución que elimina la influencia del movimiento de las cestas por efecto de las olas, efecto del fouling (las vierenas evitan la fijación de organismos del fouling al enterrarse, tal como se encuentran en su habitat natural) y minimiza la interacción de la reproducción en períodos ambientales desfavorables, conduciendo a un crecimiento adecuado y viable, alcanzando tallas comerciales a los 9–12 meses de cultivo (Freites *et al.*, 2001). Caso contrario es la estrategia de cultivo planteada para *Nodipecten nodosus*, la especie de pectínido del Caribe que alcanza las mayores tallas (más de 150 mm), ya que los estudios realizados muestran la factibilidad de cultivo bajo cultivo suspendido (Freites *et al.*, 2003), produciendo tasas de crecimiento y supervivencia mas elevadas que en cultivo de fondo (Mendoza *et al.*, 2003).

*Lima scabra* es una especie con un atractivo color rojizo de sus tejidos, debido a su gran acumulación de carotenos, los cuales conjuntamente con sus tentáculos normalmente extendidos y bella concha, le da un carácter ornamental excelente. Estas características han inducido a su comercialización en el estado de Florida (EE.UU.) y a un programa para la producción de esta especie con fines comerciales. Los estudios de esta especie se han limitado a su reproducción (Gómez *et al.*, 1990, 1995;

Lodeiros y Himmelman, 1999), aspectos fisiológicos (Lin y Pompa, 1996) y estudios considerando a la especie como un organismo modelo en ecotoxicología (Lodeiros 1999). Estudios sobre el cultivo experimental de juveniles de unos 15–20 mm en condiciones suspendidas, mostraron que a pesar de un 100 por ciento de sobrevivencia durante 4 meses y una elevada condición mostrada por sus índices de ARN/ADN, el crecimiento fue prácticamente nulo (Lodeiros, datos no publicados), lo cual descarta la utilización de esta especie para el cultivo suspendido. Estos resultados sugieren que el organismo es de crecimiento lento o bien existe alguna asociación con el ambiente natural (corales) para un mejor crecimiento.

La especie de mejillón verde *Perna viridis*, como producto de una introducción accidental, ha comenzado a colonizar principalmente la costa norte del Estado Sucre, coexistiendo en algunos bancos con *P. perna* (Rylander *et al.*, 1996; Lodeiros *et al.*, 1999). La dominancia, progresiva de *Perna viridis*, así como ciertas características de resistencia a la variabilidad de algunos factores ambientales (Segnini, 1998) sugiere que la colonización de *Perna viridis* pueda conllevar a un desplazamiento de las poblaciones de la especie *Perna perna*. Actualmente, estas dos especies de mejillones se comercializan a nivel nacional, explotándose los bancos naturales de la zona nororiental del país. En muchos países tropicales, la especie *Perna viridis* posee un buen crecimiento y rendimiento bajo condiciones de cultivo y es una de las especies de mayor importancia en el cultivo de esas regiones (Hanafi *et al.*, 1991; Gallardo *et al.*, 1992; Hickman, 1992). No obstante, estudios recientes de crecimiento comparativo de estas dos especies en el golfo de Cariaco muestran mejores tasas de crecimiento de *Perna perna* que de *P. viridis* (Tejera *et al.*, 1999; Acosta *et al.*, 2008), aunque dichos resultados no descartan a la especie *Perna viridis* como potencial para actividades de cultivo en el golfo de Cariaco, considerándose particularmente el cultivo de fondo. En vista de ello, los estudios para determinar una factibilidad de cultivo, por ahora no se encuentran desarrollados. No obstante, algunos resultados contrastan con los obtenidos en el golfo de Cariaco, puesto que, en experiencias desarrolladas en la costa norte del Edo. Sucre, península de Araya, *P. viridis* muestra una gran factibilidad de cultivo con mejor crecimiento y supervivencia que *Perna perna*, particularmente en aguas someras y en cultivo de estacas en empalizado (Figura 7), alcanzando tallas de 70 mm en 6 meses.

## CONCLUSIONES

En conclusión, bajo un escenario de factibilidad de cultivo biológica, la disponibilidad de semilla con el rápido crecimiento y la prácticamente nula mortalidad de la mayoría de las principales especies colectadas, proyectan al cultivo poliespecífico de bivalvos como una actividad factible en el golfo de Cariaco, aunque especial atención se le debe prestar a las especies de las ostras perlíferas, *Pteria colymbus* y particularmente *Pinctada imbricata*. Estudios de optimización de colección de semillas y crecimiento, observación de la colecta natural en otras áreas de la región, producción a nivel piloto, así como de factibilidad económica de los posibles cultivos, deben ser conducidos para determinar la viabilidad económica de los mismos. En el caso de las vieiras *Euvola ziczac* y *Nodipecten nodosus* las técnicas de producción masiva de semilla se encuentran establecidas y la alternancia del cultivo en suspensión y luego de fondo para *Euvola ziczac* y el cultivo en suspensión de *Nodipecten nodosus* son las estrategias validadas. De estas dos especies, *Nodipecten nodosus* se vislumbra como la especie con mayor potencialidad. En el caso, de *Perna perna* y *Perna viridis*, estas especies muestran una gran potencialidad para ser cultivadas a gran escala, aunque especial atención debe prestársele al conocimiento de la influencia de los factores ambientales en función de establecer estrategias de cultivo adecuadas que conlleven a la optimización de su producción. En lo que concierne a *Crassostrea rizophorae*, ésta se presenta como una especie potencial con resultados de cultivo recientes alentadores, su cultivo (al igual que con el de *Euvola ziczac*) podría inclusive coadyuvar al mantenimiento de las poblaciones



nativas, ya que la especie posee características de ser amenazada para su extinción, como recurso explotable, mientras que *Crassostrea virginica*, a pesar de los escasos estudios formales, sumado a algunas desventajas de tratamiento postcosecha y transporte, es una especie con un gran potencial de cultivo en la región de los caños tributarios del golfo de Paria. Por último, la gran diversidad específica de la zona nororiental, con más de 200 especies de bivalvos, es una fuente con un gran potencial para aumentar la producción, de esta manera ya se han identificado varias especies que podrían ser consideradas como candidatos para ser cultivadas, la mayoría almejas, como: *Atrina seminuda*, *Callista maculata*, *Asaphis decussata*, *Tellina fausta*, *Thrachycardium isocardia*, *Thrachycardium muricatum*, *Ventricolaria rigida*, *Chione itapurpurea*, *Codakia orbicularis*, *Isognomon alatus*, *Anadara notabilis* y *Atrina seminuda*. La mayoría estas especies están siendo explotadas de manera artesanal por pescadores de la región nororiental, con excelente aceptación por parte de la población, lo que les confirma en parte el interés para actividades de acuicultura. En muchas de estas especies ya se han realizados estudios relativos a su dinámica poblacional, producción secundaria, reproducción y ecología, los cuales en un futuro podrían servir de base para posibles programas de investigación relacionados con su factibilidad de cultivo.

Vélez y Lodeiros (1990) realizaron un análisis del cultivo de moluscos en Venezuela, y encontraron que los principales factores limitantes que han contribuido al poco desarrollo del cultivo de moluscos han sido la escasez de mercados, los altos costos de producción, la incidencia de biotoxinas y las trabas burocráticas para la obtención de permisos. En la actualidad muchas de estas limitantes no persisten, por ejemplo: existe un monitoreo continuo de biotoxinas de productos marinos y un consumo creciente de la tasa per cápita de pescado en Venezuela, sobrepasando los 18 kg/año, que conduce a abrir mercados; no obstante, algunas limitantes como las trabas burocráticas se mantienen, principalmente para otorgar las concepciones a nivel del INSOPESCA y permisos del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, debido particularmente

por no haber un ordenamiento territorial, como ocurre en el Edo. Sucre, región con gran potencial para el desarrollo de la maricultura. Este problema en la actualidad se está resolviendo a nivel del estado, en función de tener un ordenamiento adecuado y así permitir el desarrollo organizadamente.

Las instituciones de investigación y desarrollo en Venezuela, han continuado realizando investigaciones en el cultivo, mostrando cada vez mas una plataforma adecuada para paquetes tecnológicos de cultivo; no obstante, estas investigaciones se han realizado con infraestructura de uso académico o limitada, no existiendo una infraestructura adecuada para por ejemplo la producción de semillas para el cultivo. Desde que Vélez y Lodeiros (1990) realizaron el análisis se ha consolidado una Ley de Pesca, incorporando la parte de acuicultura como tal (Ley de Pesca y Acuicultura), lo cual no existía en la ley pasada, naciendo el INSOPESCA, ente que rige las políticas en pesca y acuicultura en Venezuela. A parte de ello, se han creado asociaciones y fundaciones en pro del desarrollo de la acuicultura de Venezuela, como por ejemplo: la Fundación para la Investigación y el Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre, que ejerce además de actividades de desarrollo y promoción de la acuicultura del Edo. Sucre, actividades y apoyo a la investigación para el desarrollo de paquetes tecnológicos para el cultivo de diversas especies. Esto conjuntamente con la disponibilidad de financiamiento, como política de seguridad alimentaria, que el gobierno de la República Bolivariana de Venezuela promueve, particularmente para del desarrollo de la acuicultura en comunidades costeras, muestran un escenario positivo para el desarrollo del cultivo de moluscos en Venezuela.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, V., Glem, E., Natera, Y., Urbano, T., Himmelman, J.H., Rey-Méndez, M. y Lodeiros, C. 2008. Differential growth of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. Journal of the World Aquaculture Society (en prensa).
- Acuña, A. 1977. Variación estacional de la fijación larval del mejillón *Perna perna* en los bancos naturales de la costa norte del Edo. Sucre, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, (16): 79–82.
- Agard, J.R., Kishore, R. y Baine, B. 1992. *Perna viridis* (Linnaeus, 1758). First records of the Indo-Pacific green mussel (Mollusca: Bivalvia) in the Caribbean. *Mar. Stud.*, (3): 59–60.
- Ahmed, A. 1975. Fertilization in living oyster. *Adv. Mar. Biol.*, (13): 357–397.
- Avendaño, M., Cantillanez, M., Le Penne, M., Lodeiros, C. y Freites L. 2001. Cultivo de pectínidos iberoamericanos en suspensión. En: A.N. Maeda-Martínez, ed. *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. México, Limusa. 10: 193–211.
- Buitriago, E., Moreno P., Lunar K. y Vásquez, Z. 1999. Cultivo suspendido de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* en la laguna de la Restiga, evaluación de sistemas de fijación de semillas. 29<sup>a</sup> Reunión Asociación Laboratorios Marinos del Caribe (ALMC), IOV-UDO, Pág. 3. Cumaná, Julio 1999.
- Buitriago, E., Lunar, K. y Moreno, P. 2000. Cultivo piloto de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita. *Mem. Fundac. Cienc. Nat. La Salle*, (154): 25–38.
- Buitriago, E. y Alvarado, D. 2005. A highly efficient oyster spat collector made with recycled material. *Aquac. Engineer.*, (33): 63–72.
- Cervigon, F. 1983. La acuicultura en Venezuela. Estado actual y Perspectivas. ed. Caracas. 121 pp.
- De la Roche, J.P., Marín, B., Freites, L. y Vélez, A. 2002. Embryonic development and larval and post-larval growth of the tropical scallop *Lyropecten (=Nodipecten) nodosus* (L. 1758) (Mollusca: Pectinidae), under controlled conditions (hatchery). *Aquacult. Res.*, (33): 819–827.

- Díaz, J.M. y Puyana, M. 1994. Moluscos del Caribe Colombiano. Un catálogo Ilustrado. COLCIENCIAS, Fundación Natura e INVEMAR, Bogotá. 367 pp.
- Ferraz-Reyes, E., Reyes-Vasquez, G. y Bruzual, I.B. 1979. Dinoflagellate blooms in the Golfo de Cariaco, Venezuela, En D.L. Taylor and H.H. Seliger, eds. *Toxic dinoflagellate blooms*. Págs. 155–160. North Holland. Elsevier press.
- Freites, L., Cote, J., Himmelman, J.H. y Lodeiros, C.J. 1999. Effect of wave action on the growth and survival of scallops *Euvola ziczac* and *Lyropecten nodosus* in hanging culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (239): 47–59.
- Freites, L., Lodeiros, C. y Himmelman, J.H. 2000. Impact of recruiting gastropod and decapod predators on the scallop *Euvola ziczac* (L.) in suspended culture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (244): 297–303.
- Freites, L., Himmelman, J.H., Babarro, J.M.F., Lodeiros, C.J. y Vélez, A. 2001. Bottom culture of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquacult. Internat.*, (9): 45–60.
- Freites, L., Lodeiros, C., Narváez, N., Estrella, G. y Babarro, J.M.F. 2003. Growth and survival of the scallop *Lyropecten (=Nodipecten) nodosus* (L., 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela), during a non-upwelling period. *Aquacult. Res.*, (34): 709–718.
- Gallardo, W.G., Samonte, G.P. y Ortega, R.S. 1992. Raft culture green mussel *Perna viridis* in Sapiam Bay, Philippines. *J. Shelfish Res.*, (11): 195–196.
- Gómez, J., Prieto, A. y Lodeiros, C. 1990. Relaciones biométricas y biomasa específica en el bivalvo *Lima scabra tenera* (Sowerby, 1843). *Scientia.*, (5): 13–17.
- Gómez, J., Liñero, I. y Fermín, J. 1995. Estudios ecológicos sobre *Lima scabra* (Born, 1778) (Pelecipoda: Limidae) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. I.- Censo y relaciones morfométricas. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.*, (34): 109–120.
- Hanafi, H.H., Hassa, I.A., Nafiah, M.M. y Rajamanickam, L.D. 1991. Present status of aquaculture practices and potential areas for their development in South Johore, Malaysia. *Procc. Asean US Technical Workshop on integrated tropical coastal zone management*. Págs. 64–73. University of Singapore.
- Hickman, R.W. 1992. Mussel cultivation. En E. Gosling, ed. *The mussel Mytilus: ecology, physiology, genetic and culture*. Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 25: 465–510, New York. Elsevier Science Publishers.
- Hunauld, P., Vélez, A., Jordan, N., Himmelman, J.H., Morales, F., Freites, L. y Lodeiros, C.J. 2005. Contribution of food availability to the more rapid growth of the scallop, *Euvola ziczac* (Ppteroida. Pectinidae), in bottom than in suspended culture. *Rev. Biol. Tropical*, (53): 455–461.
- Jimenez, M., Lodeiros, C. y Marquez, B. 2000. Captación de juveniles de la madre perla *Pinctada imbricata* con colectores artificiales en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Caribbean Journal of Science* (36): 221–226.
- Lin, A.L. y Pompa, L.A. 1977. Carotenoids of the red clam *Lima scabra*. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* (16): 83–86.
- Lodeiros, C. 1999. Principales especies de moluscos bivalvos del nororiente de Venezuela. Importancia, distribución y selección como modelos para estudios de ecotoxicología. Págs. 103. Informe final presentado a INTEVEP, S.A.
- Lodeiros, C. y Himmelman, J.H. 1996. Influence of fouling on the growth and survival of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L. 1758) in suspended culture. *Aquacult. Res.*, (27): 749–756.
- Lodeiros, C. y Himmelman, J.H. 1999. Reproductive cycle of the bivalve *Lima scabra* (Pterioidea:Limidae) and its association with environmental conditions. *Rev. Biol. Trop.*, (47): 411–418.
- Lodeiros, C. y Himmelman, J.H. 2000. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* insuspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, (182): 91–114.

- Lodeiros, C., Freites, L., Nuñez, M. y Himmelman, J.H. 1993. Growth of the Caribbean scallop *Argopecten nucleus* (Born 1780) in suspended culture. *J. Shellfish Res.*, (12): 291–294.
- Lodeiros, C., Rengel, J., Freites, L. y Himmelman, J.H. 1998. Growth and survival of the tropical scallop *Nodipecten (Nodipecten) nodosus* maintained in suspended culture at three depths. *Aquaculture*, (165): 41–50.
- Lodeiros, C., Rengel, J.J. y Himmelman, J.H. 1999. Growth of *Pteria columba* (Röding, 1798) in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *J. Shellfish Res.*, (18): 155–158.
- Lodeiros, C., Marin, B. y Prieto, A. 1999. Catálogo de moluscos marinos de las costas nororientales de Venezuela: Clase Bivalvia. Ediciones APUDONS. 109 pp.
- Lodeiros, C., Pico, D., Prieto, A., Narváez N. y Guerra, A. 2002. Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (Roding 1758) in suspended and bottom culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquacult. Internat.*, (10): 327–339.
- Lodeiros, C., Freites, L., Vélez, A., Nuñez, M. y Himmelman, J.H. 2006. Scallops in Venezuela. En S. Shumway y J. Pearson, eds. *Scallops: Biology, ecology and aquaculture*. New York. Págs. 1315–1335. Elsevier Science Publishers.
- Lodeiros, C., Alio, J. y Marcano, J. 2006. Actividad extractiva de moluscos en Venezuela. En J. Fernández, M. Rey y A. Guerra, eds. *Memorias del VIII Foro sobre Recursos Marinos y Acuicultura de las Rías Gallegas*. Xunta de Galicia-Universidad de Santiago. Págs. 353–360. El Grove, España.
- Lodeiros, C., Galindo, L., Buitriago, E. y Himmelman, J.H. 2007. Effect of the mass and position of artificial fouling added to the upper valve of the mangrove oyster *Crassostrea rhizophorae* on its growth and survival. *Aquaculture*, (262): 168–171.
- Maeda-Martínez, A.N. 2001. Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. México. Limusa.
- Maeda-Martínez, A., Lombeida, P., Freites, L., Lodeiros, C. y Sicard, M. 2001. Cultivo de pectínidos en fondo y en estanques. En A.N. Maeda-Martínez, ed. *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. México. Limusa, (11): 213–231.
- Marquez, B., Lodeiros, C., Jiménez, M. y Himmelman, J.H. 2000. Disponibilidad de juveniles por captación natural de la ostra alada *Pteria columba* (Bivalvia: Pteriidae) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, (48 supl. 1): 151–158.
- Mendoza, Y., Freites, L., Lodeiros, C.J., López, J.A. y Himmelman, J.H. 2003. Evaluation of biological and economical aspects of the culture of the scallop *Lyropecten nodosus* in suspended and bottom culture. *Aquaculture*, (221): 207–219.
- Narváez, N., Lodeiros, C., Freites, L., Nuñez, M., Pico, D. y Prieto, A. 1999. Abundancia de juveniles y crecimiento de la concha abanico *Pinna carnea* (Gmelin, 1791) en cultivo suspendido. *Rev. Biol. Trop.*, (48): 785–797.
- Okuda, T., Benitez-Alvarez, J., Bonilla, J. y Cedeño, G. 1978. Características hidrográficas del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*, (17): 6988 p.
- Ruano, I. y Ogawa, J. 1981. Posibilidad de cultivo de la ostra *Crassostrea virginica* en los caños de Guarique, Edo. Sucre, Venezuela. *Seminario Brasileiro de Acuicultura*, Recife, Brasil. 119–135 pp.
- Rylander, K., Pérez, J. y Gómez, J. 1996. The distribution of the brown mussel *Perna perna* and the green mussel *Perna viridis* (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae) in Northeast Venezuela. *Caribb. Mar. Stud.*, (5): 86–87.
- Segnini, M. 1998. Salinity and temperature tolerances of the green and brown mussels, *Perna viridis* and *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae). *Rev. Biol. Tropical*, 46: 121–125.
- Serrano, I. 1982. Variación estacional en la composición química de la ostra *Crassostrea virginica* (Gmelin, 1790) cultivada en los caños de Guarique. Págs. 64. (Tesis Lic. en Biología), Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Tejera, E., Oñate, I., Núñez, M. y Lodeiros, C. 1999. Crecimiento inicial de los mejillones marrón *Perna perna* (Linné, 1758) y verde *Perna viridis* (Linné, 1758), bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *II Congreso Suramericano de Acuicultura*, Puerto La Cruz, Venezuela.

- Uriarte, I., Rupp, G. y Abarca, A.** 2001. Producción de juveniles de pectínidos iberoamericanos bajo condiciones controladas. En A.N. Maeda-Martínez, ed. *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. México. Limusa., (8): 147–211.
- Uribe, E., Lodeiros, C., Felix-Pico, E. y Etchepare, I.** 2001. Epibiontes en pectínidos de iberoamérica. En A.N. Maeda-Martínez, ed. *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*. México. Limusa. (13): 249–266.
- Vélez, A. y Epifanio, C.** 1981. Effects of temperature and ration on gametogenesis and growth in tropical mussel *Perna perna*. *Aquaculture*, (22): 21–26.
- Vélez, A. y Lodeiros, C.** 1990. El cultivo de moluscos en Venezuela. En Cultivo de moluscos en América Latina. A. Hernández, ed. *Red Regional de Entidades y Centros de Acuicultura de América Latina*. Págs. 345–369. CIID-Canada.
- Vélez, A., Freites, L., Himmelman, J.H., Senior, W. y Marin, N.** 1995. Growth of the tropical scallop, *Euvola (Pecten) ziczac* (L.), in bottom and suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, (136): 257–276.
- Villarroel, E., Buitrago, E. y Lodeiros, C.** 2004. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical oyster *Crassostrea rhizophorae* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Cient. Facult. de Cienc. Veter., Univ. Zulia.*, (14): 28–35.

# Oportunidades potenciales para la acuicultura de moluscos bivalvos en el Caribe

**Samia Sarkis**

Departamento de Servicios de Conservación  
Hamilton, Bermudas  
E-mail: scsarkis@gov.bm

Sarkis, S. 2008. Oportunidades potenciales para la acuicultura de moluscos bivalvos en el Caribe. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO *Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 151–157.

## RESUMEN

La producción acuícola del Caribe representa menos del 1 por ciento de la producción acuícola mundial, y los esfuerzos del cultivo han sido primariamente para especies exóticas, tal como la tilapia y el camarón. Sin embargo, de acuerdo con datos biológicos y económicos, existen oportunidades para el desarrollo de éste sector, principalmente enfocado en las especies nativas presentes en el Caribe. Existe información disponible en la literatura de crecimiento, reproducción y cultivos de varias especies, suministrando una base para programa de cultivos. Además, existe un gran potencial en los mercados locales, teniendo en cuenta que la demanda para el pescado fresco habitualmente excede el abastecimiento en muchas de estas economías que son estimuladas por las industrias del turismo. A pesar de la ayuda provista por un número de organizaciones e instituciones internacionales, ha habido poca o nula continuidad en los proyectos acuícolas. Tal vez parte del problema es la falta de planes nacionales de acción para el desarrollo y mantenimiento de la acuicultura. Igualmente, los recursos disponibles son limitados en esta región, conjuntamente la cooperación entre gobiernos es mínima o no existente, impidiendo el desarrollo de un programa a largo plazo. Para las especies de bivalvos, una de las restricciones es el limitado abastecimiento de semillas. Por lo tanto, se propone un método alterno que comprende el desarrollo de un Criadero Regional para la producción de especies nativas. La primera etapa de esta propuesta es una evaluación inicial del potencial interés y compromiso de los gobiernos del Caribe para este tipo de planta, con la ayuda de la organización internacional, principalmente la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), como facilitador y asesor.

## ABSTRACT

Caribbean aquaculture production accounts for less than 1 percent of the world's aquaculture. Culture efforts are directed mainly towards non-native species, such as tilapia and shrimp. However, based on biological and economical factors, there are opportunities to develop this sector, particularly by focusing on Caribbean native

species. There is information available in the literature on growth, reproduction and/or culture of several native species, providing the basis for a culture programme. In addition, the potential for a local market is present given that the demand for fresh seafood often exceeds the supply in many of these tourism-driven islands. Despite the help of a number of international organizations and institutions, there has been little or no continuity in aquaculture projects. This may be due in part to the lack of national or action plan for aquaculture in several of these islands. Furthermore, the limited resources available in this region, coupled with minimal cooperation among the various governments inhibit the development of a long-term programme. For bivalve species, one of the most constraining factors is the limited seed supply. Hence, an alternative approach is proposed involving the development of a Regional Hatchery for the production of native species. The first step required is an initial assessment of the potential interest and commitment of Caribbean governments for such a facility, with the help of an international organization, namely the Food and Agriculture Organization, of the United Nations (FAO), as a facilitator.

## INTRODUCCIÓN

La región del Caribe abarca tres cadenas principales de islas, extendiendo de la extremidad del este de la península de Yucatán en México y la Florida del sudeste en los Estados Unidos de América a la costa venezolana de Suramérica (Figura 1). La región tiene un área aproximada de 235 700 kilómetros cuadrados de tierra firme y la población total se aproxima a 34 millones. Hay 23 países, de los cuales 13 son independientes y 10 son miembros de la comunidad del Caribe y del mercado común (CARICOM), formados en 1973. Todas las otras islas de la región son territorios de ultramar o departamentos de los Estados Unidos, Comunidad Económica Europea (CEE), del Reino Unido, y de Venezuela que sostiene 70 de las islas de las Antillas Menores. Se debe distinguir entre la región del Caribe y la región del Caribe Grande (WCR). Esta última abarca 10 países de la zona central y suramericana que confinan el mar del Caribe, entre los

**FIGURA 1**  
**Región del Caribe**



cuales están Venezuela, Colombia, Costa Rica, Panamá, México y Belice. Bermudas, aunque se encuentra geográficamente aislada, encontrándose aproximadamente 1 500 kilómetros al norte de la cadena de Bahamas (situada en 32° N y 64° S), es considerada parte de la región del Caribe Grande. Dada la semejanza a las islas del Caribe en sus consideraciones ambientales y económicas para el desarrollo de la acuicultura, Bermudas se agrupa con el Caribe en este documento.

Con excepción de partes de la cadena de Bahamas y de Bermudas, todas las islas del Caribe están dentro de la zona tropical, con las temperaturas marinas relativamente constantes a lo largo de todo el año. Bermudas y parte de las Bahamas están en la zona subtropical, con grandes fluctuaciones anuales en las condiciones ambientales, principalmente la temperatura marina y producción primaria. Hay una abundancia de costa litoral con bahías protegidas, aguas salobres, estuarios, pantanos de mangle, y otros humedales. Existe un número de especies comestibles o comercialmente valiosas como los crustáceos, moluscos, pescados, algas marinas, etc. Los huracanes que se forman en el Atlántico pueden causar un gran daño a la infraestructura y a las economías locales. El turismo es el principal factor económico de la región, recibiendo turistas provenientes principalmente de Norteamérica y Europa. Aunque, hay algunas islas que obtienen una gran parte de sus ingresos de las actividades bancarias y de negocios internacionales.

La producción de la acuicultura en el Caribe consiste en menos del 1 por ciento de la acuicultura mundial (SOFIA, 2006). Los esfuerzos del cultivo se dirigen principalmente hacia las especies exóticas de pescados, como la tilapia (*Oreochromis sp.*), producida principalmente en Cuba y Jamaica. A excepción de Jamaica, la acuicultura en el Caribe es ejercida típicamente por los pescadores de pequeña escala y orientada hacia mercados nacionales. La mayoría de los gobiernos de las islas tienen como objetivo la autosuficiencia en la producción de los pescados, poniendo limitaciones en la importación y en la exportación (Ferlin y Noriega-Curtis, 1989). En el Caribe Grande, el camarón (*Penaeus vannamei*) es un producto importante, convirtiéndose en una exportación muy valiosa (Hernandez-Rodriguez *et al.*, 2001).

Ha habido varias organizaciones e instituciones, como FAO, CIDA (Canadian International Development Agency), UNEP (United Nations Environment Programme), que han asistido y contribuido hacia la promoción y el desarrollo de la industria de la acuicultura en el Caribe, determinando la viabilidad del cultivo de especies exóticas y nativas. Entre las principales están la tilapia, el camarón y la ostra del mangle (*Crassostrea rhizophorae*) en Cuba y Jamaica (Wade *et al.*, 1981; Aiken *et al.*, 2002; Helm, 1991); algas (*Gracilaria sp.*) en Barbados, Dominica, Grenada; y el dorado (*Coryphaena hippurus*), en Barbados (Lovatelli *et al.*, 2002). Desafortunadamente, por diversas razones, la mayoría de estos proyectos han demostrado poca continuidad en su fase de implementación.

El pescado constituye un elemento tradicional en la dieta de la mayoría de la gente del Caribe y no es substituido fácilmente por otros alimentos. Por esta razón las tilapias y las carpas cultivadas en Cuba, República Dominicana, Jamaica y Trinidad y Tobago tienen una alta popularidad. Los moluscos por otra parte, no son una parte tradicional de la dieta, a excepción del caracol (*Strombus gigas*), y las ostras del mangle consumidas principalmente en Cuba y Jamaica (Ferlin y Noriega-Curtis, 1989). No obstante, hay varios factores que favorecen el desarrollo de la acuicultura en la región. El aumento en las fuentes de ingreso per capita de algunas de las islas del Caribe y el desarrollo del comercio turista han cambiado muchos de los hábitos socio-culturales de las poblaciones nativas. La demanda de productos pesqueros en la región está en aumento debido al incremento de los ingresos personales, el índice demográfico y el comercio turista (altamente asociado al consumo de mariscos). Además, la mayoría de los recursos marinos comúnmente capturados comenzaron a demostrar agotamiento en la década de los 80 y los costos de las faenas de pesca siguen aumentando continuamente (Ferlin y Noriega,

1989). Por lo tanto, la demanda de pescado fresco excede la producción en la mayoría de estos países. Mientras que las técnicas en acuicultura están mejorando continuamente, los gobiernos han comenzado a reconocer la importancia de esta actividad como alternativa a la producción del alimento, y/o a la conservación. No obstante, el crecimiento de la acuicultura es lento en la región (SOFIA, 2006), y han habido pocos intentos serios para el desarrollo o adaptación de tecnologías acuícolas en las islas.

### TEMAS Y BARRERAS

Las dificultades encontradas en promover la acuicultura para los mercados nacionales en la región se ligan en mayor parte a los factores institucionales, a las investigaciones científicas y a la capacidad empresarial. La acuicultura no es considerada una prioridad por varios gobiernos nacionales, y apenas se menciona en leyes nacionales de las industrias pesqueras (Lovatelli *et al.*, 2002). Esta carencia de la integración en la estructura y de la política del gobierno da lugar a la falta de planes nacionales de acción para la acuicultura. Además, no existen fuentes específicas de información de la comercialización para la región del Caribe, un factor importante que restringe a la acuicultura en la región. A CARICOM se le ha propuesto que asista en encuestas y estudios del mercado consumidor; sin embargo, poco progreso se ha hecho hasta la fecha (Ferlin y Noriega-Curtis, 1989). Finalmente, existe una carencia de ayuda técnica y científica, particularmente para las nuevas especies con potencial de cultivo, y hay una falta de expertos locales con una estabilidad laboral que asegure la continuidad de los proyectos acuícolas.

Aparte de factores institucionales y de investigación, entre las limitaciones más serias para la acuicultura industrial, semi-comercial y rural de bivalvos está el abastecimiento de la semilla. La fuerte explotación de muchas de las especies nativas hace disminuir la confianza en que la colecta natural como fuente de semilla de bivalvos. Luego esta baja producción de juveniles en los bancos naturales hace necesaria la producción de semilla en criadero.

Las barreras de la producción controlada en criadero se ligan a la alta inversión de capital requerida inicialmente. La mayor parte de los recursos financieros requeridos son para el montaje de la infraestructura y para la operación durante los primeros años de producción hasta que el producto esté listo para el mercado. Los estimativos demuestran que el 60 por ciento de los costos para la operación total son atribuidos a las fases de producción de semilla en laboratorio.

Típicamente, la falta de precedentes en este tipo de actividad, dificulta la demostración de la viabilidad comercial, dando lugar a una falta de compromiso financiero de ambos inversionistas privados y gobierno.

### LA TECNOLOGÍA DISPONIBLE

A la luz de los factores limitantes mencionados anteriormente, un método cauteloso fue tomado en Bermudas, y el foco fue puesto en el desarrollo de un criadero modular de bajos costos en la escala experimental. Las metas del proyecto fueron desarrollar técnicas del cultivo de gran escala para conchas peregrino nativas, y de esta manera demostrar la viabilidad de la acuicultura sin arriesgar la pérdida de una alta inversión de capital. Para alcanzar esto, se utilizaron contenedores de fibra de vidrio para el criadero. Aunque la instalación fue diseñada para las conchas de peregrino, un diseño flexible era la meta, permitiendo el cultivo para una gama de las especies de bivalvos y gasterópodos. Su característica modular, donde cada cultivo se mantiene como entidad propia, proporciona la habilidad de ampliar capacidad de los tanques a través de la adición de secciones o de módulos. Además, el uso de contenedores permite que las instalaciones sean portátiles, si se presentan circunstancias inesperadas.

El criadero modular desarrollado en Bermudas se describe por completo en Sarkis y Lovatelli (2006). Funciona en un sistema abierto, donde el agua marina se bombea,

se filtra y se utiliza continuamente según lo requerido. Hay un sistema de control de temperatura del agua marina para que los reproductores se establezcan y para la crianza de larvas y postlarvas. Los sistemas estándar y sistemas de flujo abierto permiten la crianza de las larvas con una capacidad total de 5 000 litros. Además, el criadero consiste en tanques redondos de 450 litros y «raceways» para la crianza de semilla hasta 2mm. Los gastos iniciales para la instalación fueron relativamente bajos, considerando la necesidad de importar todo el equipo y materiales, fue un total de \$EE.UU. 76 000. Con el requisito único de acceso al agua marina « limpia », este modelo puede ser fácilmente adaptable a cualquier región. Su funcionalidad se ha probado en varias ocasiones sobre un período de cuatro años. Aunque compacta, con un área superficial de funcionamiento de 300 m<sup>2</sup>, esta instalación probó ser eficiente, rindiendo aproximadamente 800 000 semillas de 10 mm durante 4 meses de la temporada de desove. Con una plantilla de tres empleados expertos fue suficiente para la producción de los juveniles.

### CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS

Basándose en la substancial cantidad de información científica existente sobre las especies de bivalvos del Caribe, el desarrollo de la acuicultura en la región tiene el potencial de ser diversificado, distanciándose de las especies no nativas. Varios estudios se han divulgado el crecimiento, reproducción y métodos de la cultivo para especies de bivalvos como las ostras perlíferas *Pinctada imbricata*, *Pteria columbus* (Lodeiros *et al.*, 2002; Urban, 2000), la ostra del mangle (Wade *et al.*, 1981; Richards, 1992), los ostiones *Nodipecten nodosus*, *Argopecten gibbus*, *Argopecten nucleus* y *Euvola ziczac* (Rupp *et al.*, 2004; Freites *et al.*, 2004; Velasco *et al.*, 2007; Sarkis *et al.*, 2006a, b), la pepitona *Arca zebra* (Sarkis, 1993), y el mejillón cafe *Perna perna* (Marques *et al.*, 1998). Basado en un programa de cinco años, *E. ziczac* y *A. gibbus* fueron encontrados excelentes candidatos para la acuicultura en Bermudas (Sarkis y Lovatelli, 2006). Aun cuando las dos especies tienen un alcance de distribución que se extiende a la región del Caribe, y a Brasil por el *E. ziczac*, ninguno de los dos ciclos de cultivo se habían logrado previamente. Las técnicas usadas mundialmente para el cultivo de conchas de peregrino fueron adaptadas con éxito a las características ambientales de Bermudas para todas las etapas del cultivo. Los resultados y los protocolos se dan detalladamente en Sarkis y Lovatelli (2006). El tamaño de mercado fue alcanzado en el plazo de 12 meses para ambas especies, y en el ultimo año la producción de 1 tonelada de conchas de peregrino fueron vendidas (frescas en la concha) a restaurantes locales. La valorización del producto fue demostrada con demanda continua en el precio de \$EE.UU. 1 por ostión. El éxito de la operación fue debido en parte al desarrollo de técnicas de cultivo de bajo costo. En resumen:

- 1) El rápido desarrollo larval obtenido con la utilización de altas temperaturas, permitió un número máximo de ciclos de desove en un criadero compacto
- 2) La alta la eficiencia de sistema de cultivo larval de flujo abierto reduce al mínimo el número de personas expertas requeridas para el mantenimiento larvario.
- 3) La maximización de la supervivencia de los juveniles trasladados al ambiente natural se sostuvo el éxito de una pequeña producción.
- 4) La oportunidad de un mercado nacional orientado hacia el turismo permitió la venta de un producto fresco a precio alto.

### CONCLUSIONES

El programa de Bermudas demostró la viabilidad del cultivo de bivalvos nativos del Caribe, con recursos limitados. Las barreras que existen en el desarrollo de la acuicultura en el Caribe no son insuperables, especialmente si los gobiernos incorporan la acuicultura en su plan nacional y destinan recursos. Dado el elevado interés en acuicultura en la región, las tecnologías disponibles y los datos científicos pueden

proporcionar la plataforma para desarrollar la acuicultura sostenible usando especies nativas. Además, el hecho de que ninguna isla contiene todos los requisitos necesarios para la acuicultura de bivalvos, puede impulsar la discusión entre los países del Caribe para que reúnan sus recursos en un programa regional. Dada la limitación en la disponibilidad de semilla silvestre, la producción de semilla en criadero es la única forma factible para desarrollar el cultivo de bivalvos. La idea de un centro regional del desarrollo de la acuicultura se ha propuesto previamente (FAO, 1981), sin embargo no ha prosperado. Un acercamiento enfocado puede ser una estrategia que viabilice esta opción. Por esta razón, se propone que se desarrolle el concepto de la creación de un criadero regional, y que se investiguen los intereses y compromisos de los gobiernos del Caribe (Caribe grande).

Un criadero regional favorecería el desarrollo de la acuicultura como sigue:

- 1) centralizaría esfuerzos y recursos;
- 2) desarrollaría a un equipo experto en la investigación y el cultivo de las especies nativas;
- 3) distribuiría la semilla a los países miembros; y
- 4) proporcionaría ayuda técnica para el crecimiento y desarrollo.

Los avances en la tecnología para el transporte de las larvas de ojo, postlarvas y juveniles hacen que este concepto sea factible (Sarkis *et al.*, 2005; Bourne, com. pers.). Sin embargo, varios parámetros necesitan ser examinados antes de la puesta en práctica de tal centro. El mercado debe ser investigado, y la demanda por el producto debe existir o debe ser creada mediante la promoción y la comercialización. Por esta razón, la selección de la especie cultivada es crucial en el desarrollo sostenible de la acuicultura. En segundo lugar, la selección de tecnologías apropiadas en el nivel del cultivador es crítica, ya que estas ordenan la demanda de semilla, y aseguran la venta del producto final. Finalmente, la selección de sitio para el criadero, y los criterios de su administración son consideraciones críticas, asegurando la comodidad de uso y el cultivo sostenible de poblaciones genéticamente diversas. La reunión de información y la promoción de la idea representan el primer paso para incrementar la coordinación y cooperación entre los países de la región del Caribe. Los 6 meses estructurados del programa, apoyado por la FAO, se proponen como el vehículo para la evaluación de un esfuerzo regional por los gobiernos del Caribe.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aiken, K., Morris, D., Hanley, F.C. y Manning, R. 2002. Aquaculture in Jamaica. *Naga, WorldFish Center Quarterly*. 23 (3/4). 6 pages.
- FAO Report, 1981. Regional Cooperation for Aquaculture Development in the Caribbean. Report of a Working Group Meeting in Freeport, Bahamas, October 1981.
- Ferlin, P. y Noriega-Curtis, P. 1989. A Regional Survey of the Aquaculture Sector in the Caribbean. *FAO Project report*. ADCP/REP/89/40.
- Freites, L., Himmelman, J.H., J.M. Babbaro, J.M., C.J. Lodeiros, C.J. y Velez, A. 2004. Bottom culture of the tropical scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (L.) in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture Int.*, 9(1): 45–60.
- Helm, M.M. 1991. Development of Industrial Scale Hatchery Production of Seed of the Mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*, in Cuba. Final technical report. FAO (Rome), Fisheries Department. Report No. FAO-FI-TCP/CUB/8958. 63 pages.
- Hernandez-Rodriguez, A., Alceste-Oliviero, C., Sanchez, R., Jory, D., Vidal, L. y Constatin-Franco, F. 2001. Aquaculture development trends in Latin America and the Caribbean. In: Aquaculture in the Third Millenium. Subasinghe, R., Bueno, P.B., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E. y Arthur, J. R. (eds.). 317–340.
- Lodeiros, C., Pico, D., Prieto, A., Navarez, N. y Guerra, A. 2002. Growth and survival of the pearl oyster *Pinctada imbricata* (Röding 1758) in suspended and bottom culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture Int.*, 10(4): 327–338.

- Lovatelli, A., Walters, R. y van Anrooy, R.** (eds) 2002. Report of the Subregional Workshop to Promote Sustainable Aquaculture Development in the Small Island Developing States of the Lesser Antilles. Vieux Fort, Saint Lucia, 4–7 November 2002. *FAO Fisheries Report*. No. 704. Rome, FAO. 2003. 122p.
- Marques, H.L.A., Pereira, R.T.L. y Correa, B.C.** 1998. Seasonal variation in growth and yield of the brown mussel *Perna perna* (L.) cultured in Ubatuba, Brazil. *Aquaculture*, 169: 263–273.
- Richards, K.** 1992. Subtidal culture of the mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae* in Jamaica. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 42: 362–377.
- Rupp G., Parsons, F.J., Thompson, R.J. y De Bern, M.M.** 2004. Effect of depth and stocking density on growth and retrieval of the postlarval lion's paw scallop, *Nodipecten nodosus*. *J. Shell. Res.*, August 2004.
- Sarkis S.** 1993. Seasonal changes in the gross biochemical composition of the turkey-wing *Arca zebra*, in Bermuda. *J. Shell. Res.*, 12(2): 329–336.
- Sarkis, S., Boettcher, A., Ueda, N. y Hohn, C.** 2005. A simple transport procedure for juvenile scallops, *Argopecten gibbus*, (Linnaeus, 1758). *J. Shell. Res.*, 24(2): 377–380.
- Sarkis, S. y Lovatelli, A.** 2006. Installation and operation of a modular bivalve hatchery. *FAO Fisheries technical paper*. No. 492. Rome, FAO. 2006. 173 pages.
- Sarkis, S., Helm, M. y Hohn, C.** 2006a. Larval rearing of calico scallops, *Argopecten gibbus*, in a flow-through system. *Aquaculture Int.*, 14: 527–538.
- Sarkis, S., Couturier, C. y Cogswell, A.** 2006b. Reproduction and spawning in calico scallops, *Argopecten gibbus*, from Bermuda. *J. Shell. Res.*, 25(2): 503–508.
- SOFIA,** 2006. The State of World Fisheries and Aquaculture. FAO Fisheries and Aquaculture Department. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Urban, H.J.** 2000. Culture potential of the pearl oyster (*Pinctada imbricata*) from the Caribbean. II. Spat collection and growth and mortality in culture systems. *Aquaculture*, 189(3–4): 375–388.
- Velasco, L.A., Barros J. y Acosta, E.** 2007. Spawning induction and early development of the Caribbean scallops *Argopecten nucleus* and *Nodipecten nodosus*. *Aquaculture*, 266 (1–4): 153–165.
- Wade, B.A., Brown, R., Hanson, C., Alexander, L., Hubbard, R. y Lopez, B.** 1981. The development of a low-technology oyster culture industry in Jamaica. *Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst.*, 33: 6–18.



# La molluschicoltura in Italia

**Giuseppe Prioli**

*M.A.R.E. Soc. Coop. A R.L.*

*Cattolica (RN), Italia*

*E-mail: gprioli@coopmare.com*

**Prioli, G.** 2008. La molluschicoltura in Italia. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 159–176.

## RESUMEN

El cultivo de moluscos bivalvos representa la principal actividad productiva de la acuicultura italiana, con una producción basada casi exclusivamente en los mejillones (*Mytilus galloprovincialis*) y en la almeja japonesa (*Tapes philippinarum*), además de una cantidad limitada de almeja fina (*Tapes decussatus*) y ostras (*Crassostrea gigas* e *Ostrea edulis*). En este documento trataremos de dar una contribución, aunque no exhaustiva, al conocimiento del cultivo de los mejillones en Italia. En el año 2005, las empresas que se dedicaban a la mitilicultura eran 263, a las cuales se añade una empresa dedicada exclusivamente al cultivo de las ostras. Entre las principales zonas de producción de más antigua tradición, está el Golfo de Taranto (Puglia), La Spezia (Liguria), la laguna del Veneto, el litoral Flegreo (Campania), a las cuales, más recientemente, se ha añadido el litoral triestino (Friuli-Venezia Giulia), el golfo de Olbia (Sardegna), la Emilia Romagna, Marche, Abruzzo y la parte adriática de la Puglia. No siempre las empresas titulares de la instalación del criadero proveen también la gestión del mismo; en algunos casos, se da la gestión de parte de la estructura del criadero a empresas o a empresarios que trabajan únicamente en el sector de la mitilicultura.

Los empleados de la mitilicultura en Italia son cerca de 1 400, de los cuales el mayor número está concentrado en las principales zonas de producción.

La mitilicultura italiana utiliza esencialmente tres sistemas de cría: el sistema fijo, el longline tipo «monoventia» (una línea) y el longline triestino o a más «ventie» (más líneas). El sistema fijo se adopta en áreas lagunares o estrictamente costeras y protegidas; son las instalaciones más antiguas, aunque con el tiempo ha habido una modernización gradual de las estructuras. Las áreas de cultivo a «monoventia» son relativamente recientes, una gran parte han surgido en los últimos 15 años, y en poco tiempo han constituido el punto de fuerza de la mitilicultura italiana, y representan la mayor parte de los metros lineales disponibles. Este tipo de instalaciones se utilizan en zonas de mar abierto ya que resisten los efectos del clima marino de fuerte intensidad. El sistema «triestino» ha tenido su mayor desarrollo a principios de los años 80 del 1900, y se utiliza en zonas parcial o totalmente protegidas. En total en Italia, la disponibilidad es de cerca de 2 700 000 de metros lineales de hilar, con valores medios por empresa de unos 10 000 metros lineales.

Los datos de producción presentados en esta sede se refieren al año 2005. Han sido obtenidos de datos oficiales que, debido a información no suministrada, han sido reelaborados sobre la base de datos declarados por los productores y sobre la capacidad

productiva de las instalaciones de cultivo, en relación a las características del área de producción y del personal empleado. De este modo, se obtiene un valor de cerca de 74 700 toneladas de mejillones. No se ha considerado en este caso la producción de semilla, no siempre correctamente declarada por los criadores. Para los mejillones, el precio medio de la base nacional en el 2005 ha sido de €0,84/kg, con diferencias de región a región.

A diferencia de otras especies de moluscos bivalvos, como la almeja japonesa (*T. philippinarum*) o la chirla (*Chamelea gallina*), la producción de mejillones presenta cuotas estacionales más o menos acentuadas. Esto se debe sustancialmente a la influencia, frecuentemente concomitante y complementaria, de tres factores principales i) la técnica adoptada por los criaderos, ii) el reclutamiento natural de la semilla, y iii) el proceso del ciclo reproductivo.

En 2007 los centros de depuración de los moluscos (CDM) autorizados eran en total 125, mientras que los centros de expedición (CSM), los únicos lugares autorizados de la Comisión Europea (CE) para efectuar las operaciones de selección y embalaje para el sucesivo destino de los moluscos bivalvos al consumo, eran 320, de los cuales cerca de 20 están colocados sobre embarcaciones de servicio de las instalaciones productivas.

En base a los datos comunicados por FAO en 2004, último año disponible, Italia, con cerca de 32 000 toneladas, es uno de los mayores importadores de mejillones. Según la estadística del Instituto Nacional de Estadística (ISTAT), actualizada al año 2006, la importación de mejillones frescos en Italia ha sido de cerca de 25 700 toneladas, de las cuales cerca del 62 por ciento proviene de España. Respecto a los datos relativos a la cuota de exportación, según el ISTAT, en 2006 Italia exportó cerca de 7 300 toneladas de mejillones, de los cuales el 68 por ciento a Francia, el 19 por ciento a España y el 6,4 por ciento a los Países Bajos.

Del cuadro descrito precedentemente se evidencia un sector en el que, excepto algunas particulares zonas de producción, existe una notable separación entre la producción y la sucesiva comercialización. La función del productor acaba con el desembarque del producto, después los mejillones pasan a los mayoristas que proveen a su eventual depuración, al embalaje y a la distribución. Las empresas en grado de representar a ambos componentes son limitadas y representan un pequeño porcentaje de las empresas de producción.

Esencialmente en Italia hay dos grandes carencias, a las cuales los operadores tratan de suplir del mejor modo posible, y son i) estructuras técnicas dedicadas al estudio de los moluscos y al sector en general, con un centro nacional que comunique con las principales zonas de producción y ii) una fuerte organización nacional de productores, así como sucede en otros países europeos donde estas producciones tienen una fuerte relevancia. A esto se une una serie de puntos críticos relativos a los diversos ámbitos involucrados en esta actividad: ambiental, biológica, tecnológica, administrativa, higiénico sanitaria, económica-comercial. A pesar de todo, el sector presenta un notable dinamismo que consiente afrontar las dificultades que frecuentemente se encuentran.

## RIASSUNTO

La molluschicoltura rappresenta la principale voce produttiva per l'acquacoltura italiana, con la produzione basata quasi esclusivamente su mitili (*Mytilus galloprovincialis*) e vongole veraci filippine (*Tapes philippinarum*), a cui si aggiungono limitate quantità di vongole veraci (*Tapes decussatus*) ed ostriche (*Crassostrea gigas* e *Ostrea edulis*). In questa sede si intende fornire un contributo, sebbene non esaustivo, alla conoscenza della mitilicoltura in Italia. Nell'anno 2005, le imprese dediti alla mitilicoltura sono risultate 263, a cui si aggiunge una impresa dedicata esclusivamente all'ostricoltura. Tra le principali zone di produzione di più antica tradizione, abbiamo il golfo di Taranto (Puglia), La Spezia (Liguria), la laguna Veneta, il litorale Flegreo (Campania), ai quali, in tempi più recenti, si è aggiunto il litorale Triestino (Friuli-Venezia Giulia), il golfo di Olbia (Sardegna), l'Emilia-Romagna, le Marche, l'Abruzzo e la parte adriatica della

Puglia. Non sempre le imprese titolari dell'impianto di allevamento provvedono anche alla gestione dello stesso, in alcuni casi vige, infatti, l'affidamento di parte delle strutture di allevamento ad imprese o singoli imprenditori, che esercitano a pieno titolo l'attività di mitilicoltura.

Gli addetti in mitilicoltura nel nostro paese sono circa 1 400, di cui il numero maggiore è naturalmente concentrato nelle principali zone di produzione.

La mitilicoltura italiana è basata essenzialmente su tre sistemi di allevamento: il sistema fisso, il longline a monoventia e il longline triestino o a più ventie. Il *sistema fisso* è adottato in aree lagunari o strettamente costiere e riparate, a questo sono riconducibili gli insediamenti più antichi, anche se nel tempo vi è stato un graduale ammodernamento delle strutture, concomitante in alcuni casi al passaggio ad altri sistemi. Gli insediamenti a *monoventia* sono relativamente recenti, gran parte di questi sono sorti negli ultimi 15 anni, ma in breve tempo sono andati a costituire il punto di forza della mitilicoltura italiana, rappresentando la maggior parte dei metri lineari disponibili all'allevamento. Questo tipo di strutture sono utilizzate in zone di mare aperto in quanto offrono un'ottima garanzia di resistenza a eventi meteo marini anche di forte intensità. Il sistema "triestino" ha avuto il suo maggiore sviluppo nei primi anni '80 del 1900, e viene utilizzato in zone parzialmente o del tutto riparate. Complessivamente in Italia, vi è la disponibilità di circa 2 700 000 di metri lineari (ml) di filare, con valori medi per impresa di circa 10 000 ml.

I dati di produzione presentati in questa sede sono relativi all'anno 2005. Derivano da dati ufficiali, che per le informazioni mancanti sono stati rielaborati sulla base dei valori dichiarati dai produttori e sulla capacità produttiva degli impianti di allevamento, in relazione alle caratteristiche dell'area di produzione e del personale impiegato. Ciò che si ricava è un valore pari a circa 74 700 tonnellate di mitili. Non è stata considerata in questo caso la produzione di novellame, non sempre correttamente dichiarata dagli allevatori. Per i mitili il prezzo medio, su base nazionale, nel 2005 è stato di €0,84/kg, con differenze su base regionale.

A differenza di altre specie di molluschi bivalvi, quali la vongola verace filippina (*T. philippinarum*) o la vongola lupino (*Chamelea gallina*), la produzione di mitili presenta picchi stagionali più o meno accentuati. Ciò è dovuto sostanzialmente all'influenza, spesso concomitante e sinergica, di tre fattori principali i) la tecnica di allevamento adottata, ii) il reclutamento naturale di novellame, e iii) l'andamento del ciclo riproduttivo.

Nel 2007 i centri di depurazione molluschi (CDM) autorizzati erano complessivamente 125, mentre i centri di spedizione (CSM), i soli luoghi autorizzati dalla Commissione Europea (CE) per compiere le operazioni di cernita e confezionamento per destinare poi i molluschi bivalvi al consumo, erano 320, di cui circa 20 sono situati su imbarcazioni di servizio agli impianti di allevamento.

In base a quanto riportato da dati FAO per il 2004, ultimo anno disponibile, l'Italia, con circa 32 000 tonnellate, è tra i maggiori paesi importatori di mitili. Secondo statistiche ISTAT, aggiornate all'anno 2006, l'importazione di mitili freschi in Italia è stata di circa 25 700 tonnellate, di cui circa il 62 percento proviene dalla Spagna. Per quanto riguarda i dati relativi alla quota di esportazione, secondo l'ISTAT, nel 2006 l'Italia dirige verso il mercato estero mitili per circa 7 300 tonnellate, di cui il 68 percento in Francia, il 19 percento in Spagna ed il 6,4 percento nei Paesi Bassi.

Dal quadro tracciato in precedenza si evince un settore in cui, tranne alcune particolari zone di produzione, vi è una notevole separazione tra la produzione e la successiva commercializzazione. Il ruolo dell'allevatore si ferma allo sbarco del prodotto, dove i mitili sono presi in carico da grossisti che provvedono alla eventuale depurazione, al confezionamento ed alla distribuzione al dettaglio. Le strutture in grado di rappresentare entrambe le componenti sono limitate e rappresentano una piccola percentuale delle imprese di produzione.

Sostanzialmente in Italia abbiamo due grosse carenze, alle quali gli operatori cercano di supplire nel miglior modo possibile, e sono i) strutture tecniche dedicate allo studio dei

molluschi e del settore più in generale, quale un centro nazionale con diramazioni nelle principali zone di produzione e ii) una forte organizzazione nazionale di produttori, così come avviene nei restanti paesi europei dove queste produzioni hanno forte rilevanza. A questi si aggiungono una serie di punti critici relativi ai diversi ambiti coinvolti in questa attività: ambientale, biologico, tecnologico, amministrativo, igienico sanitario, economico-commerciale. Il settore, nonostante tutto, presenta una notevole dinamicità, che consente di affrontare le difficoltà che spesso si trova di fronte.

## **PREMESSA**

In questa sede si intende fornire un contributo, sebbene non esaustivo, alla conoscenza di quella che è attualmente la situazione della molluscoltura in Italia, riportando una breve analisi di uno dei settori più rappresentativi: la mitilicoltura.

Gran parte delle informazioni utilizzate derivano da fonti statistiche internazionali: FAO-FishStat; nazionali: ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica), Ministero Politiche Agricole e Forestali (MIPAF); locali: Consorzio Mitilicoltori dell'Emilia-Romagna. Cui si aggiungono elaborazioni sulla base di conoscenze personali. Per cercare di rendere un'immagine più attuale possibile si sono ricercate le fonti più recenti, sebbene in alcuni casi i dati siano ormai da aggiornare con nuove indagini, come nel caso di studi dedicati al settore riguardanti aspetti prettamente tecnici quale lo studio realizzato dall'Osservatorio tecnico-biologico Unimar nel periodo 1999–2000 e pubblicato integralmente nell'anno 2001.

## **CARATTERI GENERALI**

Il sistema della mitilicoltura è caratterizzato da una struttura complessa in cui convivono ancora retaggi frutto di antiche tradizioni e tecniche di allevamento assai moderne e di carattere intensivo. Il processo di trasformazione verso pratiche di allevamento che consentono di superare l'ambito territoriale locale ed il carattere artigianale di questa attività è avvenuto con l'introduzione, nella seconda metà degli anni ottanta, di una nuova tecnica: il longline offshore.

L'avvento di nuove tecnologie nell'allevamento dei mitili ha, infatti, consentito di conquistare nuovi spazi, e alle tradizionali aree di produzione, situate soprattutto in zone strettamente costiere o lagunari, quali la laguna veneta, il golfo di Trieste, il golfo di Taranto, ecc., si sono aggiungente numerose realtà produttive poste in mare aperto, non più vincolate da problematiche di carattere ambientale ed igienico-sanitario.

Ciò ha fatto sì che la molluscoltura oggi rappresenti la principale voce produttiva per quanto riguarda l'acquacoltura italiana, sebbene la produzione sia basata quasi esclusivamente su mitili (*Mytilus galloprovincialis*) e vongole filippine (*Tapes philippinarum*), cui si aggiungono limitate quantità di vongole veraci (*Tapes decussatus*) ed ostriche (*Crassostrea gigas* e *Ostrea edulis*).

## **Imprese**

Nell'anno 2005 le imprese dedita alla mitilicoltura in Italia sono risultate 263, presentate in Tabella 1 in base a un raggruppamento a carattere regionale, cui si aggiunge un'impresa dedicata esclusivamente all'ostricoltura, situata in Toscana, mentre due imprese si occupano dell'allevamento di entrambe le specie. Così come accennato in precedenza, gran parte delle imprese sono concentrate in alcuni principali poli produttivi, localizzati in funzione delle caratteristiche idrologiche e trofiche delle zone di insediamento.

Alcune delle principali zone di produzione derivano da una tradizione storica di antica origine, altre hanno acquisito rilevanza con l'avvento di impianti offshore, e la "conquista" di zone in mare aperto. I primi insediamenti hanno avuto origine in aree di mare riparate dalle intemperie e strettamente costiere od in zone vallive, cui,

**TABELLA 1**  
**Numero di imprese e di addetti alla mitilicoltura**

Regione	Imprese	Metri	Specie	Tonnellate	Personale
Abruzzo	5	27 000	Mitilo	1 110	18
Campania	31	108 658	Mitilo	4 170	148
Emilia-Romagna	23	583 143	Mitilo	16 639	250
Friuli-Venezia Giulia	19	165 640	Mitilo	624	60
Lazio	10	45 000	Mitilo	1 162	15
Liguria	69	107 500	Mitilo	2 028	97
Marche	12	186 600	Mitilo	4 665	60
Molise	2	54 000	Mitilo	657	14
Puglia	58	823 757	Mitilo	19 709	273
Sardegna	16	244 480	Mitilo	9 753	264
Sicilia	1	5 000	Mitilo	625	12
Veneto	18	415 000	Mitilo	10 572	150
<b>Totale</b>	<b>263</b>	<b>2 765 778</b>		<b>74 714</b>	<b>1 361</b>
Sardegna	1	500	Ostrica	4	–
Toscana	1	8 500	Ostrica	30	–
Veneto	1	nd	Ostrica	1	–
<b>Totale</b>		<b>9 000</b>		<b>35</b>	–

Fonte: Elaborazione personale su dati Idroconsult – MIPAF.

successivamente, a causa dell'insorgere di sempre più frequenti problematiche legate alla qualità dell'ambientale ed igienico-sanitarie, si sono aggiunte realtà situate anche a notevole distanza dalla costa.

Tra le principali zone di produzione di più antica tradizione, abbiamo il golfo di Taranto (Puglia), La Spezia (Liguria), la laguna Veneta, il litorale Flegreo (Campania), ai quali, in tempi più recenti, si è aggiunto il litorale Triestino (Friuli-Venezia Giulia), il golfo di Olbia (Sardegna), l'Emilia-Romagna, le Marche, l'Abruzzo e la parte adriatica della Puglia. Considerato che in precedenti indagini (Prioli, 2001), svolte nel 1999, le imprese di mitilicoltura risultarono 204, viene confermata la tendenza positiva verso l'insediamento di nuove realtà produttive lungo la costa di quelle regioni che presentano condizioni idonee all'accrescimento dei mitili e, attualmente, solamente tre regioni costiere: Calabria, Basilicata e Toscana, risultano totalmente sprovviste di impianti di mitilicoltura.

Dall'indagine del 1999 (Prioli, 2001), i cui dati possono essere ritenuti indicativi anche per la situazione attuale, è emerso che le imprese titolari delle strutture di allevamento si possono ricondurre a quattro principali tipologie di forme societarie: Società Cooperative; Società di persone (SAS, SNC); Imprese individuali; Società a responsabilità limitata, dove la forma cooperativa e le imprese individuali costituiscono le tipologie più diffuse, con valori percentuali rispettivamente pari al 41 percento ed al 38 percento.

In realtà, non sempre le imprese titolari dell'impianto di allevamento, e delle zone in concessione, provvedono anche alla gestione dello stesso, in alcuni casi vige infatti l'affidamento, sotto varia forma, di parte delle strutture di allevamento ad imprese o singoli imprenditori, che esercitano a pieno titolo l'attività di mitilicoltura. Questo avviene generalmente nel caso di imprese di tipo cooperativo, dove nella maggior parte dei casi l'impresa madre è anche la titolare della superficie, come in Emilia-Romagna, Marche, Puglia e Veneto; in altre realtà, quali la Campania, invece sono i singoli titolari di concessione che si associano gestendo poi in maniera collettiva l'allevamento. In Tabella 2 questo tipo di imprese di gestione "secondarie" sono state definite con il termine "Unità aziendale". In base a questa nuova definizione, si può osservare che le imprese operanti in mitilicoltura aumentano di numero, passando dall'allora 204 a 886, rispondenti in maggioranza alla forma giuridica di società di persone e di impresa individuale (Prioli, 2001).

**TABELLA 2**  
**Numero di imprese operanti in mitilicoltura**

Regione	Imprese	Unità aziendali	Imprese totali
Abruzzo	1	0	1
Campania	12	50	62
Emilia-Romagna	19	156	175
Friuli-Venezia Giulia	24	0	24
Lazio	4	0	4
Liguria	68	0	68
Marche	6	3	9
Molise	2	1	3
Puglia	31	30	61
Sardegna	16	0	16
Sicilia	1	0	1
Veneto	20	442	462
<b>Totale complessivo</b>	<b>204</b>	<b>682</b>	<b>886</b>

Fonte: Prioli, 2001.

In alcuni casi le Unità aziendali provvedono unicamente alla gestione dell'allevamento, mentre la fase di commercializzazione è comune ed esercitata dall'impresa "madre", in altri vige un'ampia autonomia e le singole imprese svolgono in proprio anche la vendita del prodotto, anche se quest'ultima situazione appare comunque minoritaria.

### Addetti

Gli addetti in mitilicoltura nel nostro paese sono circa 1 400 (Tabella 3), di cui il numero maggiore è naturalmente concentrato nelle principali zone di produzione precedentemente citate e, considerando il numero di personale per impresa, si evince che Sardegna, Sicilia, Emilia-Romagna e Veneto, superano abbondantemente la media nazionale, situazione probabilmente dipendente dalla presenza di numerose realtà di tipo cooperativo.

### Sistemi di allevamento

A parte alcuni allevamenti di modesta rilevanza, basati sullo sfruttamento in estensivo di moduli a barriera artificiali e di gestione di banchi a fondale di mitili, la mitilicoltura italiana è basata essenzialmente su tre sistemi di allevamento: il sistema fisso; il longline a monoventia; il longline triestino o a più ventie.

Il sistema fisso è adottato in aree lagunari o strettamente costiere e riparate, a questo sono riconducibili gli insediamenti più antichi, anche se nel tempo vi è stato un graduale ammodernamento delle strutture, concomitante in alcuni casi al passaggio ad altri sistemi. Le regioni con i maggiori insediamenti di questo tipo sono la Puglia e la Liguria. In Emilia-Romagna ed in Veneto, vi è stato un graduale abbandono

**TABELLA 3**  
**Addetti presso le imprese di mitilicoltura**

Regione	Imprese	Personale	Addetto/impresa
Abruzzo	5	18	4
Campania	31	148	5
Emilia-Romagna	23	250	11
Friuli-Venezia Giulia	19	60	3
Lazio	10	15	2
Liguria	69	97	1
Marche	12	60	5
Molise	2	14	7
Puglia	58	273	5
Sardegna	16	264	17
Sicilia	1	12	12
Veneto	18	150	8
<b>Totale</b>	<b>263</b>	<b>1 361</b>	<b>5</b>

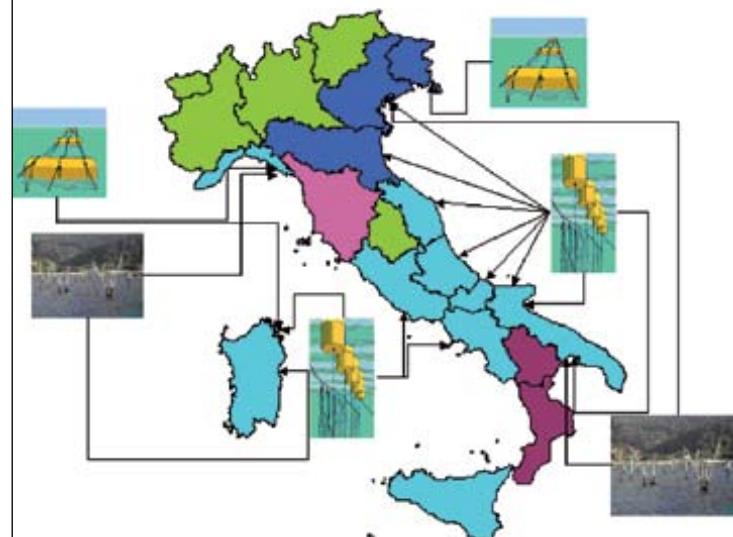
di queste strutture, localizzate originariamente all'interno della Sacca di Goro e della laguna di Venezia, cui sono stati preferiti impianti del tipo a monoventia situati in mare aperto.

Gli insediamenti a monoventia sono relativamente recenti; gran parte di questi sono sorti negli ultimi 15 anni, ma in breve tempo sono andati a costituire il punto di forza della mitilicoltura italiana, rappresentando la maggior parte dei metri lineari disponibili all'allevamento. Quest'ultimo parametro è stato qui individuato quale indicatore della capacità produttiva, in quanto il numero di reste di mitili in allevamento è, con buona approssimazione, in relazione ai metri lineari di filare disponibili. Occorre comunque rilevare che indici più accurati dovrebbero considerare la distanza tra le reste e la loro lunghezza. Come riportato in precedenza questo tipo di strutture sono utilizzate in zone di mare aperto in quanto offrono un'ottima garanzia di resistenza a eventi meteo marini anche di forte intensità.

Il sistema "triestino" è diffuso principalmente in Friuli-Venezia Giulia, dove costituisce la quasi totalità degli allevamenti, in Puglia, Liguria e Sardegna. Originario del litorale triestino, dove ha avuto il suo maggiore sviluppo nei primi anni '80 del 1900, viene utilizzato in zone parzialmente o del tutto riparate, in quanto la spinta elevata dei barili di sostentamento, in caso di mareggiate, causa notevoli ripercussioni sia sulle strutture di allevamento, sia sul prodotto appeso.

Complessivamente in Italia, vi è la disponibilità di circa 2 700 000 di metri lineari (ml) di filare, con valori medi per impresa di circa 10 000 ml (Tabella 4). Le regioni con il maggior numero di metri lineari sono la Puglia, l'Emilia-Romagna, il Veneto, la Sardegna, le Marche ed il Friuli-Venezia Giulia, a cui fanno capo anche gli insedianti di maggiori dimensioni.

**FIGURA 1**  
**Distribuzione territoriale dei differenti sistemi di allevamento in mitilicoltura**



**TABELLA 4**  
**Dimensioni delle strutture di produzione, relative a tutti i sistemi, espresse in metri lineari (ml)**

Regione	ml totali	ml medi	Minimo	Massimo
Abruzzo	27 000	5 400	2 000	20 000
Campania	108 658	3 505	220	27 000
Emilia-Romagna	583 143	25 354	938	122 700
Friuli-Venezia Giulia	165 640	8 718	1 200	35 800
Lazio	45 000	4 500	2 400	10 000
Liguria	107 500	1 558	1 000	25 000
Marche	186 600	15 550	3 000	50 000
Molise	54 000	27 000	24 000	30 000
Puglia	823 757	14 203	600	180 000
Sardegna	244 480	15 280	400	130 000
Sicilia	5 000	5 000	5 000	5 000
Veneto	415 000	23 056	2 500	200 000
<b>Totale</b>	<b>2 765 778</b>	<b>10 516</b>	<b>220</b>	<b>200 000</b>

Fonte: Elaborazione dati MIPAF.

**TABELLA 5**  
**Produzione di mitili nel 2005**

Regione	Imprese	Metri	Specie	Tonnellate	€/kg
Abruzzo	5	27 000	Mitilo	1 110	0,74
Campania	31	108 658	Mitilo	4 170	0,60
Emilia-Romagna	23	583 143	Mitilo	16 639	0,60
Friuli-Venezia Giulia	19	165 640	Mitilo	3 624	0,63
Lazio	10	45 000	Mitilo	1 162	1,00
Liguria	69	107 500	Mitilo	2 028	1,60
Marche	12	186 600	Mitilo	4 665	0,79
Molise	2	54 000	Mitilo	657	0,62
Puglia	58	823 757	Mitilo	19 709	0,47
Sardegna	16	244 480	Mitilo	9 753	1,76
Sicilia	1	5 000	Mitilo	625	1,27
Veneto	18	415 000	Mitilo	10 572	0,74
<b>Totale</b>	<b>263</b>	<b>2 765 778</b>		<b>74 714</b>	<b>0,83</b>
Sardegna	1	500	Ostrica	4	4,00
Toscana	1	8 500	Ostrica	30	2,20
Veneto	1	nd	Ostrica	1	
<b>Totale</b>		<b>9 000</b>		<b>35</b>	<b>2,30</b>

Fonte: Elaborazione personale su dati Idroconsult – MIPAF.

### Produzione

I dati di produzione presentati in questa sede (Tabella 5) sono relativi all'anno 2005. Derivano da dati ufficiali gentilmente forniti dalla società di rilevazione Idroconsult, operante per il MIPAF, che per le informazioni mancanti sono stati rielaborati sulla base dei valori dichiarati dai produttori e sulla capacità produttiva degli impianti di allevamento, in relazione alle caratteristiche dell'area di produzione e del personale impiegato.

Ciò che si ricava è un valore pari a circa 74 700 tonnellate di mitili e 35 tonnellate di ostriche, appartenenti alla specie *Crassostrea gigas*. Al di là del valore assoluto, in Tabella 5 si evidenziano, come più volte emerso in questa sede, alcuni principali poli di produzione, sebbene in alcuni casi i valori possano essere sovrastimati a causa del trasferimento di prodotto adulto immesso sul mercato dopo un breve periodo di immersione nei propri allevamenti. Puglia, Emilia-Romagna, Veneto e Sardegna concentrano oltre il 70 per cento della produzione nazionale, seguite da Marche e Campania.

Non è stata considerata in questo caso la produzione di novellame, non sempre correttamente dichiarata dagli allevatori, che proviene da tre aree principali quali: Puglia, Veneto ed Emilia-Romagna.

Per quanto riguarda le ostriche la produzione maggiore deriva da un impianto situato in Toscana ed appositamente dedicato a questa specie, il resto sono quantitativi provenienti da strutture associate alla mitilicoltura. Sebbene in questi ultimi anni si stiano moltiplicando i tentativi di introdurre questa specie tra quelle prodotte, favoriti dal fatto che l'allevamento può avvenire utilizzando gli stessi longline utilizzati per i mitili, a cui possono essere appesi idonei contenitori: ceste o lanterne.

In Tabella 5 viene anche esposto il prezzo medio su base regionale e nazionale, da cui si evince una notevole differenza in relazione alla zona di produzione: le imprese della Sardegna, insieme a quelle della Liguria spuntano i prezzi più elevati, mentre dalla Puglia proviene il prodotto più a buon mercato. Queste differenze possono essere attribuite ad una differente qualità di prodotto, oltre che a situazioni sociali e organizzative diversificate. Gli allevamenti presenti in Liguria e Sardegna, ad esempio, si basano in gran parte su approvvigionamento di prodotto semiadulto proveniente da differenti regioni italiane, che affinano nei propri impianti e commercializzano poi al consumo. Le regioni con il prezzo più basso invece sono quelle in cui viene commercializzato

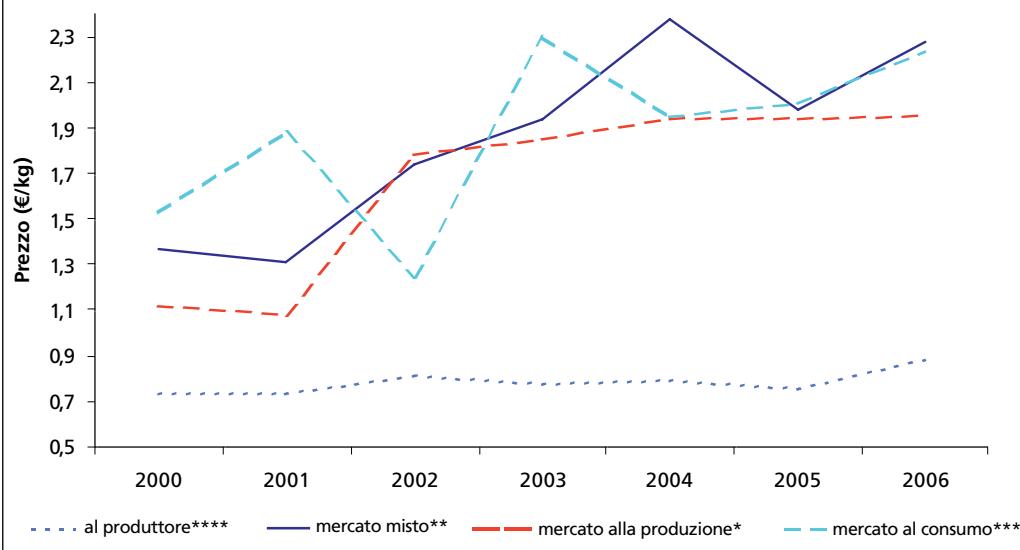
TABELLA 6

Andamento dei prezzi medi annuali in varie tipologie di mercato ed al produttore (€/kg)

€/kg	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Al produttore <sup>4</sup>	0,73	0,73	0,81	0,77	0,79	0,75	0,84
Mercato alla produzione <sup>1</sup>	1,12	1,08	1,78	1,85	1,94	1,94	1,95
Mercato misto <sup>2</sup>	1,37	1,31	1,74	1,94	2,38	1,98	2,28
Mercato al consumo <sup>3</sup>	1,53	1,88	1,25	2,3	1,95	2,01	2,24

<sup>1</sup> Aci Trezza, Cesenatico, Fano, Trapani<sup>2</sup> Cagliari, Catania, Messina, Palermo, Trieste<sup>3</sup> Roma, Torino, Venezia; Fonte ISMEA<sup>4</sup> Rete acquacoltura; Fonte ISMEA

**FIGURA 2**  
Andamento dei prezzi medi annuali in varie tipologie di mercato



prodotto, mantenuto in resta, da reimmergere o da destinare a centri di spedizione e, solo in piccola parte, viene sgranato ed avviato direttamente al consumo. Tra queste abbiamo la Puglia e gli allevamenti posti sul versante Adriatico.

Ciò che viene riportato in Tabella 6 ed in Figura 2 è l'andamento dei prezzi lungo la catena di distribuzione, rilevati dall'Istituto di Servizi per il Mercato Agricolo Alimentare (ISMEA), che evidenzia una certa stabilità negli anni del prezzo al produttore, mentre i restanti mercati hanno goduto di un graduale incremento.

A questo stato di fatto non è estraneo il sistema di commercializzazione del prodotto, fortemente parcellizzato e che penalizza gli allevatori.

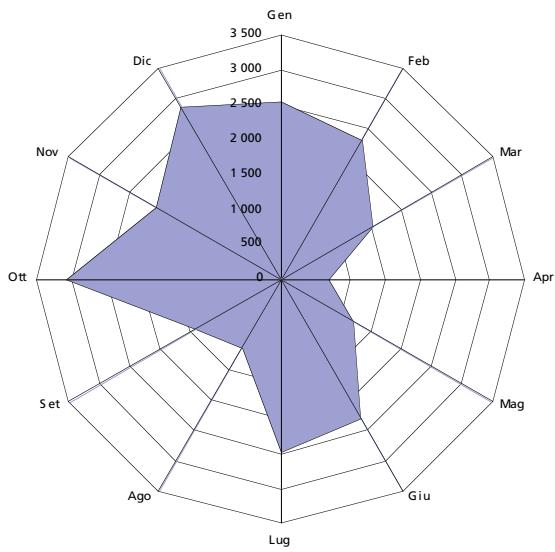
### Commercializzazione

A differenza di altre specie di molluschi bivalvi, quali ad esempio le vongole filippine (*Tapes philippinarum*) o le vongole lupino (*Chamelea gallina*), la produzione di mitili, nelle differenti zone di produzione, non è esitata sul mercato in maniera uniforme, ma presenta picchi stagionali più o meno accentuati. Un esempio di questa situazione, seppure indirettamente, è esposta nel capitolo dedicato all'import-export (Figura 3 e 4; Tabella 9 e 10), così come nell'indagine realizzata nel 1999, in cui emergeva che la maggior parte degli allevamenti commercializzava il proprio prodotto nel periodo primaverile-estivo, seppure con qualche differenza regionale.

Ciò è dovuto sostanzialmente all'influenza, spesso concomitante e sinergica, di tre fattori principali: la tecnica di allevamento adottata; il reclutamento naturale di novellame; l'andamento del ciclo riproduttivo.

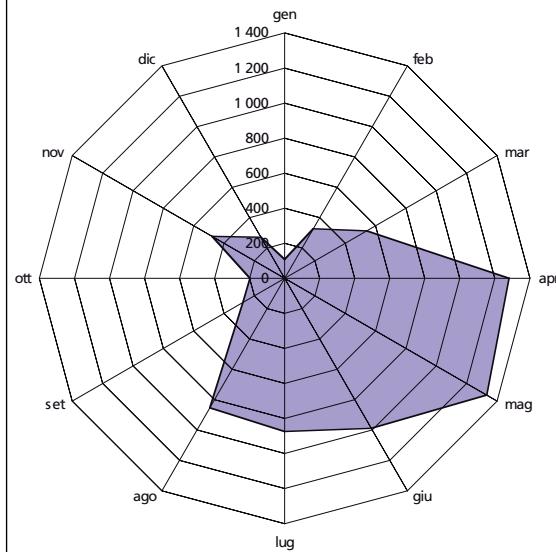
La tecnica di allevamento basata sul confezionamento di reste di mitili da appendere su filari, comporta un notevole dispendio economico legato alla manipolazione del

**FIGURA 3**  
**Importazione italiana mensile di mitili freschi – media 2005–2006**



Fonte: ISTAT.

**FIGURA 4**  
**Esportazione italiana mensile di mitili freschi – media 2005–2006**



Fonte: ISTAT.

prodotto e dovuto alle operazioni di raccolta delle reste, successivo confezionamento delle nuove e riappendimento delle stesse ai filari. Questo procedimento avviene circa 2–3 volte nel corso di un ciclo di allevamento, della durata di circa un anno, ed occupa gli allevatori per circa il 30 percento del loro tempo. Ciò fa sì che al raggiungimento della taglia commerciale, fissata a 5 cm, vengano iniziate le operazioni di vendita, che si protraggono per qualche mese, quando i mitili hanno raggiunto le dimensioni di 6–7 cm di lunghezza. Il mantenimento ulteriore delle reste mature, che in alcune realtà è attuato, comporta rischi per l'allevatore, in quanto reste di dimensioni eccessive presentano un grado inferiore di aderenza dei mitili al substrato e l'azione del moto ondoso può determinare il distacco e la conseguente perdita del prodotto.

A questo si aggiunge la necessità, da parte dell'allevatore, di avviare il nuovo ciclo di allevamento che, soprattutto nelle zone con buon reclutamento di novellame, richiede particolare attenzione nell'individuazione del periodo di avvio delle operazioni di raccolta, e notevole dispendio di tempo e lavoro per il conseguente confezionamento delle reste, creando competizione con la gestione dei mitili della produzione precedente. Inoltre il nuovo reclutamento tende a colonizzare anche le reste in allevamento, determinando nel tempo una notevole disomogeneità di taglia, che deprezza notevolmente il prodotto al momento della vendita.

La qualità organolettica dei mitili varia in relazione alle condizioni dell'animale ed al ciclo riproduttivo. Gran parte della componente edibile di questo mollusco è costituita dalle gonadi, situate nel mantello, il grado di riempimento, ciò che determina la "resa" in polpa, è perciò diretta conseguenza dello stato del mollusco. Generalmente si ritiene di buona qualità un mitilo che ha una resa in polpa di circa il 25 percento, ottimo se supera il 30 percento. Questi valori possono derivare da due stati dell'individuo: la presenza di gonadi mature pronte all'emissione dei gameti, uova o spermì che siano; l'accumulo, sempre nel mantello, di sostanze di riserva, costituite principalmente da glucidi, da utilizzare nella successiva fase riproduttiva. Quest'ultimo caso rappresenta la situazione in cui si hanno mitili di migliore qualità, con sapore più gradevole, ed in Italia avviene generalmente nel periodo estivo, con temperature dell'acqua superiori ai 20–25 °C.

Al contrario la qualità peggiore, sia in peso che in gusto, è raggiunta, quando i mitili si liberano dei gameti, svuotandosi, dando maggiore risalto alla componente legata all'epatopancreas, ghiandola digestiva dei molluschi di colore verde scuro, in cui si accumulano le sostanze derivate dalla ingestione del fitoplancton. Il periodo di emissione dei gameti coincide generalmente con i mesi invernali, varia lungo la nostra costa ed è in stretta relazione con il progressivo raffreddamento delle acque.

L'insieme di questi fattori, contribuiscono a determinare le scelte dell'allevatore al momento della vendita, caratterizzando le zone di produzione.

In questi ultimi anni, però, i picchi stagionali si stanno gradualmente attenuando grazie all'introduzione di nuove procedure di lavorazione, favorite da una spinta meccanizzazione del processo di produzione. Molti impianti di allevamento, infatti, situati soprattutto lungo la costa Adriatica, si stanno dotando di attrezzi (tappetini di trasporto, sgranatrici, selezionatori, incalzatrici) che consentono di velocizzare le operazioni di diradamento delle reste ed il confezionamento delle nuove, trattenendo il prodotto adulto da commercializzare sfuso. Questo sistema, oltre a consentire procedure di lavorazione più rapide, consente di mantenere più a lungo i mitili in allevamento e di esitare prodotto sul mercato per periodi più prolungati. Si viene quindi ad ovviare al maggior costo imputabile al confezionamento delle reste, in quanto l'uso di attrezzi adeguati riduce la necessità di manodopera, mentre il diradamento associato alla selezione consente di separare il prodotto adulto da destinare alla vendita dal novellame, da destinare alla reimersione.

### *Centri Depurazione Molluschi e Centri Spedizione Molluschi*

Per una migliore comprensione dei flussi di prima commercializzazione può essere interessante conoscere anche la distribuzione sul territorio dei centri di depurazione molluschi (CDM) e dei centri di spedizione molluschi (CSM), in quanto rappresentano tappe importanti lungo il percorso dei bivalvi verso il consumatore finale.

I centri di depurazione intervengono nel momento in cui il prodotto allevato non rispetta i requisiti igienico sanitari imposti dal reg. CE 2073/2005, o, più in generale, quando la zona di produzione non presenta consolidate caratteristiche di salubrità. In base ai criteri di classificazione adottati, le zone di produzione sono suddivise in A, B e C, di queste, solo i mitili provenienti da aree di tipo A possono essere destinati direttamente al consumo umano, mentre il prodotto di tipo B può essere destinato al consumo solo previo trattamento in idonee strutture di depurazione od in zone marine di stabulazione preventivamente approvate come tali.

Il processo di depurazione comporta un aggravio dei costi di produzione, che possono variare dalle 0,26 a 0,52 €/kg, ed è legato alla disponibilità di strutture adeguate, i cui costi di costruzione e gestione, non possono essere sostenuti da singoli allevatori, se non titolari di imprese con un'elevata capacità produttiva. Ciò, in alcuni casi, ha portato alla creazione di centri che derivano dall'associazione di piccoli imprenditori, mentre in altri, la depurazione avviene all'interno di strutture di tipo commerciale, slegate dal processo di allevamento.

Come evidenziato in Tabella 7 i centri di depurazione molluschi (CDM) autorizzati sono complessivamente 125, di cui la maggior parte sono situati in Veneto, Puglia ed Emilia-Romagna. Soprattutto nelle zone di maggiore produzione solo una parte di questi centri sono collegati, più o meno direttamente, con le imprese titolari di allevamenti.

TABELLA 7  
Centri di depurazione molluschi (CDM)  
e Centri Spedizioni Molluschi – Quadro nazionale

Regione	CDM	CSM
Abruzzo	2	23
Basilicata		1
Calabria	1	2
Campania	9	31
Emilia-Romagna	17	39
Friuli-Venezia Giulia	3	13
Lazio	15	27
Liguria	1	1
Marche	9	41
Molise	2	3
Puglia	21	65
Sardegna	10	13
Sicilia	8	14
Toscana	3	6
Veneto	24	41
<b>Totale</b>	<b>125</b>	<b>320</b>

Successivamente alla depurazione o direttamente, se provenienti da zone di tipo A, i mitili giungono presso i centri di spedizione (CSM), i soli luoghi autorizzati dalla CE per compiere le operazioni di cernita e confezionamento, ed essere poi destinati al consumo. Generalmente i CDM sono anche dotati di autorizzazione ad operare come CSM. In Italia, fino ad ora, sono stati autorizzati 320 CSM (Tabella 7), purtroppo non è possibile risalire a quante di queste imprese sono anche titolari di strutture di allevamento di mitili, con la possibilità quindi di vendere direttamente al dettaglio od al consumatore finale il proprio prodotto, accorciando notevolmente la filiera.

Le imprese di produzione senza autorizzazione quali CSM, che sono la maggioranza, devono invece conferire i mitili a questi ultimi, di proprietà di imprese di commercializzazione.

Anche in questo caso, così come per i CDM, sono state create strutture associative per la commercializzazione dei propri prodotti, sebbene la maggior parte dei CSM sia costituito da imprese unicamente di tipo commerciale.

Un certo numero di CSM, stimabili in circa 20, sono situati su imbarcazioni di servizio agli impianti di allevamento, adatti perciò a trattare quantitativi limitati di prodotto, destinati ad un consumo prettamente locale, anche per questo dato purtroppo non è possibile disporre di informazioni più dettagliate, essendo gli elenchi cumulativi.

**TABELLA 8**  
**Paesi con importazione di mitili – anno 2004**

Paese	Tonnellate	%
Francia	44 928	25%
Italia	31 879	18%
Belgio	28 407	16%
Germania	26 084	15%
Paesi Bassi	21 522	12%
Stati Uniti d'America	8 709	5%
Spagna	6 231	3%
Cina, Hong Kong SAR	2 680	1%
Danimarca	2 028	1%
Svezia	1 342	1%
Svizzera	1 051	1%
Altri paesi	3 953	2%
<b>Totale</b>	<b>178 814</b>	<b>100%</b>

Fonte: FAO, FishStat.

**TABELLA 9**  
**Import – Paesi di provenienza di mitili freschi o refrigerati – anno 2006**

Paese	Tonnellate	%
Spagna	15 879,7	61,8%
Grecia	9 261,8	36,0%
Francia	224,1	0,9%
Paesi Bassi	181,7	0,7%
Irlanda	85,4	0,3%
Slovenia	37,0	0,1%
Regno Unito	13,1	0,1%
Danimarca	6,4	0,0%
Portogallo	1,2	0,0%
Austria	0,7	0,0%
Turchia	0,5	0,0%
Germania	0,2	0,0%
<b>Totale</b>	<b>25 691,9</b>	<b>100%</b>

Fonte: ISTAT.

**TABELLA 10**  
**Importazione mensile di mitili freschi o refrigerati (in tonnellate) – media 2005–2006**

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giugno	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
<i>Mytilus spp.</i> (vivi, freschi o refrigerati)	2 547	2 315	1 516	671	1 180	2 285	2 476	1 132	1 418	3 090	2 067	2 856	23 553

Fonte: ISTAT.

### Import-Export

In base a quanto riportato da dati FAO-FishStat per il 2004, ultimo anno disponibile, esposti in Tabella 8, l'Italia, con circa 32 000 tonnellate, è tra i maggiori paesi importatori di mitili, si colloca, infatti, al secondo posto per quantità di prodotto importato, dopo la Francia, 44 928 tonnellate, e prima di Belgio (28 407 tonnellate) e Germania (26 084 tonnellate).

Secondo statistiche ISTAT, aggiornate all'anno 2006, l'importazione di mitili freschi in Italia è stata di circa 25.700 tonnellate (Tabella 9). Circa il 62 percento del prodotto importato proviene dalla Spagna, per un valore di circa 15 900 tonnellate, mentre una quota equivalente al 36 percento, circa 9 000 tonnellate, proviene dalla Grecia, il resto in piccole quote da restanti paesi europei.

Se questo quantitativo viene scomposto in base al mese, così come esposto in Tabella 10 e in Figura 3, si evidenzia che i periodi in cui avviene la maggiore importazione di prodotto sono quelli autunnali ed invernali, quando si ha un calo della produzione

nazionale derivante da un diminuzione della resa a causa dal ciclo riproduttivo. Il picco estivo del mese di giugno e luglio può invece derivare da esigenze di approvvigionamento in periodo turistico. In questo caso il dato, sempre di fonte ISTAT, deriva dalla media delle annualità 2005 e 2006, così da attenuare l'influenza di eventuali fluttuazioni annuali.

Per quanto riguarda i dati relativi alla quota di esportazione, secondo l'ISTAT, nel 2006 l'Italia dirige verso mercato estero mitili per circa 7 300 tonnellate, di cui il 68 percento in Francia, il 19 percento in Spagna ed il 6,4 percento nei Paesi Bassi (Tabella 11). Dall'analisi della precedente tabella si osserva anche una quota di esportazione verso paesi dell'est Europa, quantitativi che non figuravano fino al 2003.

**TABELLA 11**  
**Export – Paesi di destinazione di mitili freschi o refrigerati – anno 2006**

Paese	Tonnellate	%
Francia	5 033,4	68,6%
Spagna	1 385,6	18,9%
Paesi Bassi	469,5	6,4%
Germania	219,0	3,0%
Austria	82,3	1,1%
Svizzera	53,5	0,7%
Romania	48,3	0,7%
Slovenia	17,2	0,2%
Bulgaria	11,8	0,2%
Ungheria	11,0	0,1%
Grecia	3,0	0,0%
Ceca, Repubblica	2,7	0,0%
Polonia	2,0	0,0%
Malta	0,6	0,0%
Slovacchia	0,1	0,0%
<b>Totale</b>	<b>7 340,1</b>	<b>100%</b>

**TABELLA 12**  
**Esportazione mensile di mitili freschi o refrigerati (in tonnellate) – media 2005–2006**

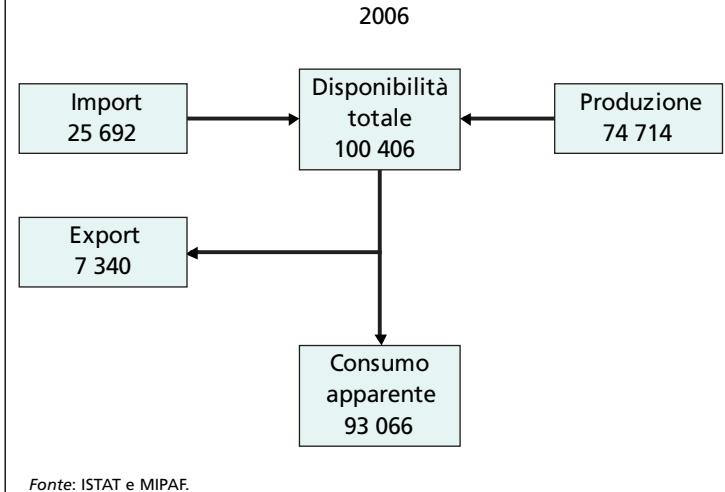
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giug	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	<b>Totale</b>
<b><i>Mytilus spp.</i></b> (vivi, freschi o refrigerati)	108	326	541	1 281	1 333	989	874	853	276	198	477	270	<b>7 526</b>

Fonte: ISTAT.

Se anche per il prodotto esportato si effettua un'analisi dei quantitativi fuoriusciti mensilmente dai confini nazionali, così come evidenziato in Tabella 12 e Figura 4, si osserva un andamento con i valori massimi nel periodo primaverile e, in parte, estivo, con minimi nel periodo invernale, quando maggiore risulta invece l'importazione. Anche in questo caso si è ritenuto di esporre il valore medio delle annualità 2005–2006, su fonte dati ISTAT.

In base ai dati di importazione, esportazione e produzione, relativi all'anno 2006, è possibile stimare il valore di consumo apparente di mitili in Italia che, così come riportato in Figura 5, è di circa 93 000 tonnellate.

**FIGURA 5**  
**Flusso del prodotto mitili in Italia – 2006 (tonnellate)**



Fonte: ISTAT e MIPAF.

### Organizzazione della produzione in mitilicoltura

Dal quadro tracciato in precedenza si evince un settore in cui, tranne alcune particolari zone di produzione, vi è una notevole separazione tra la produzione e la successiva commercializzazione. Il ruolo dell'allevatore si ferma allo sbarco del prodotto, dove i mitili sono presi in carico da grossisti che provvedono alla eventuale depurazione, al confezionamento ed alla distribuzione al dettaglio. Le strutture in grado di rappresentare entrambe le componenti sono limitate e rappresentano una piccola percentuale delle imprese di produzione (nel 1999 erano il 9 percento circa). Così come sono limitati

gli esempi di allevatori che costituiscono forme di associazione, rappresentative delle zone di produzione, volte alla concentrazione dell'offerta, alla definizione di strategie comuni di mercato od alla promozione dei propri prodotti. In questo senso le uniche esperienze, ora in corso, degne di nota sono sorte in Liguria, e più precisamente a La Spezia, ed in Emilia-Romagna.

### *La Spezia*

In Liguria gli impianti di molluschicoltura sono situati nelle acque del golfo di La Spezia, nel tratto di mare compreso tra l'isola del Tinetto e punta Bianca. Qui operano 69 imprese, per lo più di tipo individuale ed a conduzione familiare, dove gli allevatori assumono il ruolo di imprenditori.

Presso gli impianti le operazioni di lavorazione a mare vengono condotte con l'ausilio di piccole imbarcazioni motorizzate, cui vengono spesso sono affiancati altri natanti dotati di piccole sgranatrici automatiche azionate da motore a scoppio, in grado di "lavorare" quantitativi di prodotto limitati.

Trattandosi di piccole imprese, la situazione di organizzazione del lavoro risulta alquanto complessa in quanto molti mitilicoltori (imprese individuali) lavorano in coppia aiutandosi a vicenda e mettendo a disposizione attrezzature comuni.

Le strutture di allevamento sono attribuibili a due distinte tipologie, quella a pali fissi e quella flottante del tipo triestino a due ventie. Ogni impresa presenta generalmente strutture di allevamento riconducibili ad entrambe le tipologie, che sono utilizzate alternativamente, a seguito di spostamento del prodotto, durante il periodo di allevamento. Tale procedimento ha lo scopo di valorizzare le caratteristiche produttive dei singoli impianti.

Tutte le imprese nell'area di produzione operanti nella zona aderiscono alla "Mitilicoltori Associati" Soc. Coop. a r.l., che provvede alla gestione dell'unico centro di depurazione molluschi, con sede a Lerici; mentre la commercializzazione dei mitili è affidata, alla "Mitilicoltori Spezzini" Soc. Coop. a r.l., centro di spedizione riconosciuto, in grado di confezionare il prodotto dei soci ed avviarlo alla vendita al dettaglio.

Per l'approvvigionamento del novellame è stato installato un apposito impianto, da parte della "Mitilicoltori Associati", in cui ogni socio gestisce appositi "filari" per la captazione dei mitili. In alcuni casi vi è la captazione di novellame anche sulle strutture di allevamento vero e proprio.

La produzione nel 2005 è stata relativamente modesta, con un valore di circa 2 000 tonnellate, pari a circa il 2,7 percento del totale nazionale. I fattori che influenzano la produttività presso i piccoli insediamenti liguri derivano da alcune componenti quali:

- l'ubicazione dell'impianto (fuori o entro diga, in posizione perimetrale o centrale alle superfici in concessione alla mitilicoltura);
- l'assiduità delle cure del mitilicoltore;
- la presenza delle reti di protezione dalle orate.

La lavorazione presso gli allevamenti liguri, assume carattere fortemente artigianale, ed è basata sulla conoscenza che ogni mitilicoltore ha delle potenzialità del proprio impianto, da qui le operazioni di trasferimento delle reste, i diradamenti e le altre operazioni di "cura" del prodotto. I mitili prodotti risultano di ottima qualità, vengono commercializzati con l'etichetta "Mitili Spezzini" ed attualmente è in corso la fase di riconoscimento del marchio di origine protetta (DOP), così da tutelare ed evidenziare le peculiarità del prodotto locale.

### *Emilia-Romagna*

In Emilia-Romagna sono presenti 23 imprese di mitilicoltura, distribuite lungo la costa che da Goro si porta verso Cattolica; di queste, 21 sono di tipo cooperativo, una SRL e un'impresa individuale. Delle 21 imprese cooperative, otto provvedono direttamente alla gestione degli impianti di allevamento, nei restanti casi questa è affidata, sotto

varia forma, ai soci, portando così il numero di società, definite in precedenza Unità aziendali, coinvolte nell'allevamento di mitili ad un valore di circa 175 unità, costituite prevalentemente da imprese individuali e società di persone.

Gli impianti di allevamento sono del tipo a monoventia, l'unico impianto di tipo fisso, presente all'interno della Sacca di Goro, è stato quasi del tutto abbandonato a causa di periodici problemi di carattere ambientale. Gli allevamenti a mare, posti ad una distanza dalla costa compresa tra 1,5 e quattro miglia, rientrano tutti all'interno di zone di produzione di tipo A, cioè senza obbligo di depurazione del prodotto.

La mitilicoltura in questa regione è relativamente giovane, se si eccettua la pesca tradizionale su banco naturale e le strutture fisse nelle zone lagunari del delta del Po, ormai trascurabili, ed ha origine nella seconda metà degli anni '80. Le favorevoli condizioni ambientali presenti lungo la fascia costiera, hanno consentito in circa 20 anni lo sviluppo di un settore un tempo marginale, fino a raggiungere livelli di produzione corrispondenti ad oltre il 20% della produzione nazionale.

Considerato lo sviluppo recente, le tecnologie adottate, sia nella costruzione degli allevamenti, sia nelle imbarcazioni di servizio e attrezzature ausiliarie, presentano soluzioni il più delle volte adeguate ad un settore in piena espansione.

Purtroppo alla espansione della capacità produttiva non ha corrisposto un'adeguata politica di mercato, in grado di supportare in maniera soddisfacente la fase di commercializzazione della produzione.

Per superare questo limite e le problematiche più in generale legate al settore, nel 1997 è stato costituito il "Consorzio Mitilicoltori dell'Emilia-Romagna", che attualmente associa 20 delle 23 imprese titolari di allevamenti. Tra i cui scopi vi sono la rappresentanza dei soci in ambito istituzionale, la promozione dei prodotti allevati e azioni rivolte alla concentrazione dell'offerta.

Attualmente, a dieci anni dalla sua fondazione, il Consorzio assolve pienamente al ruolo di rappresentanza, mentre fatica a sviluppare azioni efficaci rivolte al superamento dei limiti incontrati in sede di commercializzazione del prodotto, sebbene, tra alcune realtà interne al Consorzio, siano in corso, con buoni risultati, accordi miranti a strategie comuni di vendita ed all'istituzione di prezzi minimi concordati.

### **Problematiche**

Nonostante i buoni risultati raggiunti da questo settore e l'impegno finanziario delle differenti amministrazioni (comunitaria, nazionale e locali), che ha favorito la realizzazione degli allevamenti, è innegabile che lo sviluppo della mitilicoltura sia avvenuto in maniera caotica e senza un chiaro indirizzo tecnico ed amministrativo, lasciando i maricoltori un po' abbandonati a se stessi. Tranne alcune rare eccezioni, è mancato cioè un vero e proprio piano di strategico che prendesse in considerazione i vari aspetti coinvolti: dall'occupazione delle aree, con le implicazioni di carattere ambientale e di conflittualità con i restanti mestieri di pesca, alla tipologia delle strutture di allevamento, alla commercializzazione e gestione del mercato.

Questa disorganicità nella crescita del settore ha determinato ripercussioni, più o meno pesanti, sugli operatori che intravedevano nella molluschicoltura una nuova opportunità di impiego, specie se intesa come riconversione delle attività di pesca a strascico in una fase di ridimensionamento della flotta, imposta dalla CE. Ci sono stati mitilicoltori che prima di giungere a definire l'attuale struttura dei filari hanno dovuto ricostruire più volte i propri allevamenti, a spese proprie, a causa della mancanza di chiari indirizzi di progettazione.

Tutto ciò ha fatto sì che la molluschicoltura italiana, che pure ha notevoli potenzialità, sia cresciuta in maniera disorganica, e lasciata alla buona volontà degli operatori e alla loro intraprendenza, con le istituzioni costrette ad inseguirne le esigenze, invece di dettare gli indirizzi. Occorre dire che, come spesso accade in Italia in questi casi, nonostante tutto i risultati non sono poi così male.

Sostanzialmente in Italia abbiamo due grosse carenze, alle quali gli operatori cercano di supplire nel miglior modo possibile, e sono:

1. la mancanza di strutture tecniche dedicate allo studio dei molluschi e del settore più in generale, quale un centro nazionale con diramazioni nelle principali zone di produzione;
2. una forte organizzazione nazionale di produttori, così come avviene nei restanti paesi europei dove queste produzioni hanno forte rilevanza. Abbiamo esperienze in questo senso, ma sono ancora deboli e non sufficientemente rappresentative del comparto nazionale (Associazione Mediterranea Acquacoltori – AMA [aderente ad Associazione Europea Produttori Molluschi – AEPM], Consorzio Mitilicoltori, Associazione Piscicoltori Italiani).

Cercando di raggruppare per ambiti tematici omogenei seguono una serie di punti critici del settore:

1. Ambientale
  - Compatibilità con vincoli ambientali – La molluschicoltura, essendo esercitata anche in zone lagunari è spesso soggetta vincoli (Parco del Delta in Emilia-Romagna e Veneto), così come la mitilicoltura nella fascia strettamente costiera.
  - Necessità di mantenere vivificate le zone di produzione lagunari, dove maggiori sono i rischi dovuti all'eccessivo confinamento degli allevamenti.
  - Calamità ambientali: anossie, patologie, modificazioni climatiche (estate 2003 con estese morie di novellame di mitili), inquinamenti, apporti antropici.
  - Studio della “carrying capacity” del sistema, preventivo all’insediamento degli allevamenti o alla definizione di zone destinate alla produzione di molluschi bivalvi.
2. Biologico
  - Diversificazione della produzione.
  - Approvvigionamento del novellame (ostriche piatte).
3. Tecnologico
  - Impianto tipo in mitilicoltura.
  - Miglioramento tecnologico (nuovi impianti e nuove attrezzature).
4. Amministrativo
  - Gestione del regime concessorio disomogeneo tra le diverse regioni.
  - Aumento dei canoni concessori a causa della abrogazione della 41/82; viene a mancare la distinzione tra superficie libera e superficie occupata, mentre viene ripristinata, inconsciamente, la distinzione tra impresa cooperativa ed altre imprese.
  - Mancanza di una legislazione mirata alla molluschicoltura.
5. Amministrativo
  - Tossine algali: mancanza di uniformità nella applicazione delle metodiche dei test di analisi; tempi di risposta non sempre compatibili con le necessità commerciali dei produttori; lentezza da parte della Comunità Europea nel recepire gli indirizzi dei tossicologi (caso yessotossina e Codex Alimentarius).
  - Applicazione del cosiddetto “Pacchetto igiene”, che inserisce l’allevatore a tutti gli effetti tra gli “operatori del settore alimentare”, con tutte le conseguenze che questo comporta e che possono essere riassunte in quattro punti principali: 1) la responsabilità del produttore; 2) la necessità di formazione degli addetti e l’adozione di buone prassi di gestione nel trattamento del prodotto (su cui è in corso la definizione di un protocollo di intesa tra il Ministero competente e le Associazioni di categoria per un’azione congiunta); 3) la possibilità di utilizzare dati di autocontrollo per la gestione delle zone di produzione; 4) la presenza di tracciabilità lungo tutta la filiera (che hanno portato gli operatori ad adottare in maniera volontaria dei disciplinari di produzione).

A questo proposito occorre sottolineare alcuni aspetti: i regolamenti CE in oggetto sono: 178/2002, 852/2004, 853/2004, 854/2004, 882/2004; questo pacchetto interessa tutti i produttori primari del settore alimentare e quindi anche i molluschicoltori, su cui ricade per la prima volta la piena responsabilità delle produzioni messe in vendita in relazione alla loro salubrità. Su questi temi c'è già un gruppo di lavoro composto da esperti afferenti alle diverse associazioni di categoria che sta dialogando in maniera costruttiva con il Ministero della Salute.

In merito alla tracciabilità, già contenuta all'interno del 178/2002, si sta sviluppando un sistema di gestione delle situazioni di allerta che consenta di evitare, o perlomeno ridurre, situazioni di eccessivo allarmismo, e circoscrivere il problema alle zone effettivamente interessate: ciò che è accaduto per l'influenza aviaria insegna.

Ai produttori si lascia l'onere per la formazione degli addetti, sebbene siano in corso forme di collaborazione con il Ministero della Salute. Con il reg. 852/2004 si raccomanda l'uso di manuali di buona prassi igienica, che al momento l'Italia non ha ancora adottato, in via di realizzazione con proposte delle associazioni e validazione dal Ministero, a cui adeguarsi.

Occorre definire procedure di campionamento che siano in qualche maniera omologate dalla autorità sanitaria competente (ASL) per far sì che i risultati delle analisi di autocontrollo possano essere realmente accettati e rientrare tra gli strumenti di gestione igienico sanitaria dei propri allevamenti.

L'applicazione a carattere regionale di questi regolamenti implica una difformità di comportamento che va in qualche maniera regolato per impedire che questo comporti limiti alla libera circolazione dei prodotti tra le differenti zone di produzione, adeguandosi il più possibile alle linee guida proposte da parte del Ministero ed approvate in Conferenza Stato-Regioni.

- Il rapporto con le istituzioni addette al controllo, che non sempre sono di tipo collaborativo e improntate a considerare anche le esigenze della produzione;
- Difformità nei paesi comunitari nell'applicazione degli indirizzi e normative comuni, che si ripercuotono sui costi di produzione.

#### 6. Economico-Commerciale

- Frammentazione dell'offerta, mancanza di organizzazioni di produttori sufficientemente rappresentative in termini territoriali e numerici.
- Mancanza di capacità commerciali da parte dei produttori. L'impresa di molluschicoltura si occupa quasi esclusivamente degli aspetti produttivi. La commercializzazione è detenuta quasi interamente da intermediari, ed ai produttori vengono benefici marginali.
- Eccessiva stabilità dei prezzi alla produzione a fronte di un progressivo aumento dei costi di produzione, dovuti anche al recepimento di direttive europee.
- Mancanza di sbocchi commerciali legati alla trasformazione del prodotto.
- Concentrazione dell'offerta in limitati periodi dell'anno (per i mitili). In questo caso occorre dire che in alcune zone si sta procedendo a realizzare cicli di produzione che consentono di dilazionare nel tempo la vendita del prodotto sul mercato, ma ciò comporta l'uso di nuove attrezzature ed un conseguente aggravio dei costi di investimento.
- Eccessiva competitività con i paesi esteri interni alla CE, ma pure all'interno dei confini nazionali, favorita anche da squilibri nei costi di produzione a causa di una differente applicazione delle norme.

#### Prospettive

Il settore, nonostante tutto, presenta una notevole dinamicità in grado di affrontare le difficoltà che spesso si trova di fronte. Il mercato sembra avere ancora margini di espansione, soprattutto per le ostriche, per le quali dipendiamo quasi esclusivamente dall'estero, ma anche per i mitili, specie se ci si orienta verso presentazioni più pratiche

per i consumatori e che consentono una maggiore penetrazione anche nel mercato interno e nelle regioni settentrionali, meno inclini al consumo di questi prodotti.

Per la mitilicoltura offshore si può affermare che ormai si sia superato il periodo dei "pionieri" e gli impianti di allevamento hanno raggiunto livelli qualitativi elevati conferendo maggiore stabilità al sistema, limitando i danni dovuti alle mareggiate, ed i relativi costi, e consentendo di investire nel miglioramento tecnologico.

Grazie anche all'insistenza di qualche ricercatore ed alla disponibilità degli operatori si potrà cominciare a parlare di ostricoltura in maniera più concreta, e questo offrirà una ulteriore opportunità agli attuali molluschicoltori che già dispongono di strutture idonee ad esercitare questa attività, quali i filari per mitili ad esempio.

Purtroppo quel processo di diversificazione più volte e da più parti auspicato non è ancora avvenuto, anche se, ad onor del vero, nei restanti paesi europei il grosso della produzione si basa su una o due specie. Resta il fatto che questa, insieme alla organizzazione dei produttori e del mercato, restano le sfide sulle quali si gioca il futuro della molluschicoltura italiana.

#### BIBLIOGRAFIA

- Prioli, G. 2001. Censimento nazionale sulla molluschicoltura. Unimar Osservatorio tecnico-biologico.

# La venericoltura in Italia

**Edoardo Turolla**

*Istituto Delta Ecologia Applicata srl*

*Ferrara, Italia*

*E-mail: veliger@istitutodelta.it*

**Turolla, E.** 2008. La venericoltura in Italia. En A. Lovatelli, A. Fariñas e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 177–188.

## RESUMEN

Con una cosecha de 50 000 toneladas/año Italia es el primer productor europeo de almeja japonesa y el segundo en el mundo. La producción italiana se concentra en las lagunas salobres del Adriático y está compuesta casi exclusivamente del cultivo de la almeja japonesa, *Tapes philippinarum*, introducida voluntariamente en 1983. La almeja fina, *Tapes decussatus*, es cultivada ocasionalmente, pero se recoge en bancos naturales, especialmente en Cerdeña, donde se aplican restricciones destinadas a la gestión de los recursos. El cultivo se hace exclusivamente en fondo marino en zonas definidas por las autoridades competentes (regiones, provincias, etc.) en forma de concesiones o permisos de pesca exclusivos; sin embargo, hay instalaciones ubicadas en propiedad privada. Los productores se organizan en cooperativas compuestas por un mínimo de 3-4 hasta más de 500 socios, que suelen realizar otras actividades relacionadas con la pesca y la acuicultura. Se estima que en Italia la «venericoltura» cuenta por lo menos con 4 000-5 000 empleados y que el volumen de negocios en la producción es de €200 millones (unos 270 millones de dólares EE.UU.). Desde un punto de vista comercial más del 70 por ciento de la producción es absorbida por el mercado nacional, mientras que el resto se exporta a otros países europeos, especialmente a España. El consumo interno está compuesto casi exclusivamente por productos frescos (vivos) y en pequeña parte al producto procesado o congelado.

## RIASSUNTO

Con un raccolto di 50 000 tonnellate/anno l'Italia è il primo produttore europeo e il secondo a livello mondiale di vongole veraci. Tutta la produzione italiana è concentrata nelle lagune salmastre dell'Alto Adriatico ed è sostenuta quasi esclusivamente dall'allevamento della verace filippina, *Tapes philippinarum*, introdotta volontariamente nel 1983. La verace europea, *Tapes decussatus*, raramente viene coltivata, ma è raccolta su banchi naturali, soprattutto in Sardegna, dove sono applicate delle restrizioni finalizzate alla gestione della risorsa. L'allevamento si svolge esclusivamente a fondale in aree rilasciate dalle autorità competenti (Regioni, Province, ecc.) sotto forma di concessioni demaniali o di permessi esclusivi di pesca; esistono tuttavia impianti collocati in proprietà private. Gli allevatori sono organizzati in cooperative composte da un minimo di 3-4 fino a oltre 500 soci, i quali svolgono generalmente altre attività associate al settore pesca e acquacoltura. Si stima che in Italia la venericoltura conti almeno 4 000-5 000 addetti e che

il volume d'affari alla produzione sia di €200 milioni (circa USD 270 milioni). Dal punto di vista commerciale oltre il 70 percento della produzione è assorbita dal mercato interno; mentre la parte rimanente viene esportata verso altri paesi europei, soprattutto in Spagna. Il consumo interno è rivolto quasi esclusivamente al prodotto fresco (vivo) e in minima parte al trasformato o congelato.

### PREMESSA

Con il termine “venericoltura” si intende l’allevamento di molluschi appartenenti alla famiglia dei veneridi, la quale, con oltre 400 specie, è la più numerosa della classe dei bivalvi. Per la loro abbondanza, ma soprattutto per le qualità delle loro carni, questi bivalvi sono oggetto di pesca e di allevamento in tutti i mari del mondo.

La produzione mondiale di veneridi da acquacoltura sfiora ormai i 3 milioni di tonnellate/anno, dovuti principalmente alla coltivazione della vongola verace filippina (*Tapes philippinarum*), che da sola rappresenta il 20 percento del mercato globale dei molluschi (Edwards, 2005). La Cina, con oltre 1,5 milioni/tonnellate/anno, è il Paese che ha la più grande produzione (Guo *et al.*, 1999), mentre l’Italia occupa il secondo posto con circa 50 000 tonnellate/anno.

In ambito europeo il 90 percento della produzione viene effettuata in Italia, per il 6–8 percento in Spagna (4 000 tonnellate/anno) e per 2 percento in Francia (1 000 tonnellate/anno).

La produzione italiana è concentrata nelle lagune dell’Alto Adriatico (Figura 1) ed è sostenuta quasi esclusivamente dall’allevamento della verace filippina introdotta volontariamente nel 1983. La verace europea, *Tapes decussatus*, raramente viene coltivata, ma è raccolta su banchi naturali, soprattutto in Sardegna, per i quali sono applicate delle restrizioni finalizzate alla gestione della risorsa.

### CENNI STORICI

Negli anni precedenti l’introduzione della vongola filippina, il mercato italiano assorbiva circa 1 000 tonnellate/anno di veraci (*T. decussatus*), provenienti per un

10–40 percento dalla pesca su banchi naturali localizzati principalmente nella Laguna di Venezia (Breber, 1996). In molti casi l’intensificazione dello sforzo di pesca ha portato inevitabilmente al depauperamento dei popolamenti selvatici (Pellizzato *et al.*, 1989). Stesso destino ha avuto il banco naturale della Sacca di Goro (Delta del Po) che, solo nel 1969 aveva dato una resa di 1 200 tonnellate (Carrieri *et al.*, 1992). A colmare la richiesta interna contribuivano importazioni da Marocco, Tunisia, Turchia, Francia, Spagna e Grecia, aggravando ulteriormente il bilancio import-export dei prodotti ittici.

Questo scenario ha certamente contribuito a considerare e decidere l’introduzione di una nuova specie morfologicamente molto simile alla verace nostrana e già allevata con successo in altre parti del mondo. Il Consorzio per lo Sviluppo della Pesca e dell’Acquacoltura



del Veneto (Co.S.P.A.V.) ha avuto il ruolo di pioniere importando nel marzo 1983 il primo lotto di seme di verace filippina costituito da 200 000 esemplari della lunghezza di 3 mm (Breber, 1985; Pellizzato, 1990). Questi furono seminati su bassi fondali della Laguna di Venezia, nelle vicinanze di Chioggia (Venezia). L'esperienza, ripetuta anche l'anno seguente con 1,5 milioni di esemplari, fu estesa anche alla Laguna di Caleri (Breber, 1996).

I positivi risultati conseguiti da queste prime esperienze suscitarono ben presto l'interesse di altre marinerie incoraggiando nuove introduzioni negli anni seguenti. Nel 1985 un lotto di 3 milioni di pezzi venne seminato in Sardegna nella Laguna di S. Antico (Cottiglia e Masala Tagliasacchi, 1988). Nello stesso anno sono state svolte le prime semine sperimentali anche nella Sacca degli Scardovari (Milia, 1990) e in biotopi (Pellizzato e Mattei, 1986) e valli (Pellizzato *et al.*, 1989) del Veneto. Il 1986 rappresenta l'anno di partenza per le lagune di Marano Lagunare (Zentilin, 1987), di Goro (Paesanti e Mantovani, 1990) e di Varano (Breber, 1996). Nei lavori di Di Marco *et al.* (1990) e di Giorgiuti *et al.* (1999) sono invece descritte le introduzioni a fini sperimentali rispettivamente nel Lago di Sabaudia (1989) e nella Laguna di Caorle (1998).

Più recentemente (2005) sono state rilasciate concessioni lungo la costa romagnola (Cesenatico), dove sono state praticate le prime semine con veraci filippine.

Tutti i tentativi di allevamento della vongola verace filippina possono essere accomunati dalle seguenti motivazioni:

- Elevata richiesta sul mercato interno;
- Somiglianza con la specie autoctona;
- Disponibilità immediata di seme;
- Esperienze a esito positivo svolte in altri paesi.

Fin dai primi anni la verace filippina ha dimostrato di ben adattarsi alle condizioni dei nuovi ecosistemi in cui è stata introdotta, riproducendosi e diffondendosi. Già nell'inverno 1986–87 nella Sacca degli Scardovari è stato individuato il primo insediamento naturale (Milia, 1990) e nello stesso periodo anche nel Delta del Po emiliano. Del 1988 sono i rinvenimenti di questa specie anche a Cervia e Cesenatico (Rinaldi, 1991), quindi a Cattolica (Paesanti, 1990) e a Fano.

## PRODUZIONE E MERCATO

Tra tutte le aree in cui è stata sperimentata l'introduzione della verace filippina, gli ambienti dove si registrano le produttività più elevate sono le lagune salmastre ad elevata trofia. La quasi totalità della produzione italiana di veraci viene svolta nelle lagune dell'Alto Adriatico (Figura 1).

Nel grafico di Figura 2 è evidenziato l'andamento delle produzioni di vongole filippine in Italia dal 1986 al 2005; mentre in tabella 1 sono riportati i quantitativi raccolti nelle principali aree produttive. I dati sono comprensivi sia delle veraci allevate che di quelle pescate in aree libere e non è semplice stabilire l'incidenza di queste ultime sulla produzione totale.

Nelle lagune del Delta del Po le produzioni derivano per almeno il 90 percento da pratiche di allevamento, a Marano per il 65–70 percento; percentuale che si riduce a meno del 50 percento nella Laguna di Venezia.

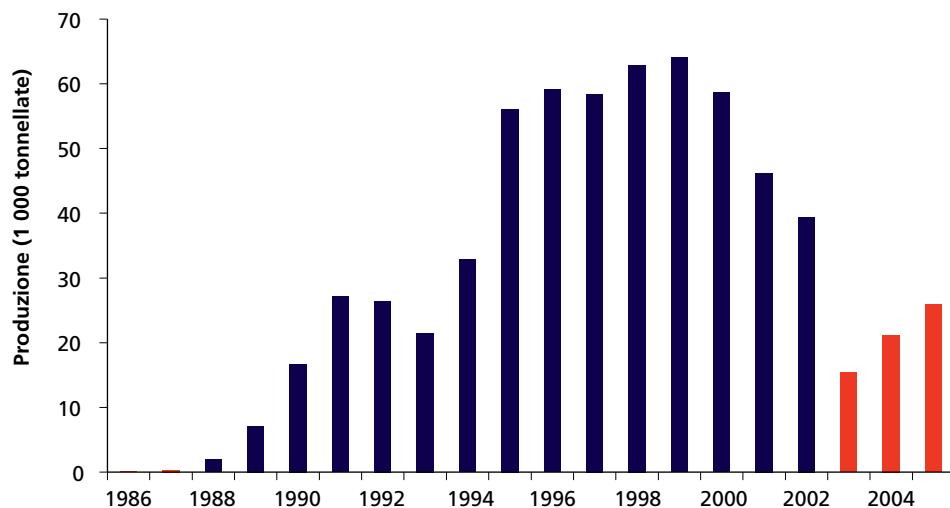
Diversamente da quanto è accaduto nelle sacche del Delta del Po, in Laguna di Venezia la specie *T. philippinarum* si è diffusa più lentamente, colonizzando però più ampi areali in modo pressoché indisturbato. Solo negli anni seguenti (1990–91) è iniziata un'attività di raccolta sistematica e di pesca massiva ad opera di pescatori professionisti e neo-vongolari, fino a raggiungere una dimensione assolutamente inaspettata (Rossi *et al.*, 2000).

I ricchi banchi naturali neo-formati, si sono mantenuti per circa un decennio, sopportando uno sforzo di pesca sempre più intenso ed aggressivo. Il fenomeno è stato inizialmente sottovalutato dagli enti preposti in materia, che si sono concentrati

TABELLA 1  
Produzioni annuali di veraci in Italia

Anno	Marano	Laguna di Venezia	Delta del Po Veneto	Delta del Po Emiliano	Totale
1986	-	4	27	-	31
1987	0	10	240	35	285
1988	3	14	320	1 600	1 937
1989	1	16	1 800	5 300	7 117
1990	9	1 300	6 100	9 300	16 709
1991	16	2 400	9 200	15 500	27 116
1992	35	3 000	9 100	14 300	26 435
1993	168	4 500	8 300	8 500	21 468
1994	292	16 000	8 000	8 500	32 792
1995	1 032	38 000	8 000	9 000	56 032
1996	1 588	40 000	8 500	9 000	59 088
1997	1 218	39 000	9 646	8 500	58 364
1998	918	40 000	12 620	9 400	62 938
1999	1 126	40 000	13 600	9 300	64 026
2000	1 374	35 000	12 760	9 500	58 634
2001	1 278	24 400	11 500	9 000	46 178
2002	1 004	17 700	11 000	9 700	39 404
2003	975	?	4 018	10 370	?
2004	1 020	?	8 535	11 626	?
2005	1 210	?	10 010	14 657	?

FIGURA 2  
Produzioni annuali di veraci filippine in Italia



nel tentativo di disciplinare la pericolosa pesca in libero accesso, trascurando l'oculata gestione della risorsa e le pratiche di allevamento.

Se da un lato ciò ha reso la Laguna di Venezia area "leader" di produzione europea di vongole veraci filippine, con un raccolto annuo di picco stimato in oltre 40 000 tonnellate (1999), dall'altro il fenomeno ha provocato seri danni al sensibile ecosistema lagunare veneziano, e ha condotto ad un diffuso abusivismo con conseguenti rischi sanitari. Ancora oggi lo stato di "disordine" è tale che non è possibile risalire ai dati effettivi di produzione derivanti dall'attività di pesca e acquacoltura delle veraci in Laguna di Venezia.

In genere le aree di allevamento sono rilasciate dalle autorità competenti (Regioni, Province, ecc.) sotto forma di concessioni demaniali o di permessi esclusivi di pesca; esistono tuttavia impianti collocati in proprietà private. Gli allevatori sono organizzati

in cooperative composte da un minimo di 3–4 fino a oltre 500 soci, i quali svolgono generalmente altre attività associate al settore pesca e acquacoltura. Si stima che in Italia la venericoltura conti almeno 4 000–5 000 addetti e che il volume d'affari alla produzione sia di 200 milioni di euro (circa USD 270 milioni).

Dal punto di vista commerciale circa il 70 percento della produzione italiana è assorbita dal mercato interno; mentre la parte rimanente viene esportata verso altri paesi europei, soprattutto in Spagna. Un aspetto interessante è dovuto al fatto che mediamente il 20–25 percento della produzione è raccolto e commercializzato nei soli due mesi di agosto e dicembre, a causa dell'aumento della domanda per il periodo turistico estivo e delle festività natalizie.

Il consumo interno è rivolto quasi esclusivamente al prodotto fresco (vivo) e in minima parte al trasformato o congelato. Negli ultimi anni si stanno proponendo vongole veraci vive confezionate sottovuoto o in atmosfera modificata, prodotto che sta riscuotendo molti consensi nella grande distribuzione.

## TECNICHE DI ALLEVAMENTO

Poiché in Italia, come anticipato, si svolge quasi esclusivamente l'allevamento della verace filippina, le nozioni tecniche trattate in questo paragrafo sono riferite soprattutto alla coltura di tale specie.

La coltivazione delle vongole veraci viene svolta unicamente a fondale. Esperienze di allevamento in sospensione hanno messo in evidenza alcuni limiti, come tassi di crescita più lenti rispetto alla condizione a fondale (Di Muro *et al.*, 1990) e minore sopravvivenza. Le veraci cresciute in assenza di sedimento, inoltre, tendono ad assumere forma e aspetto poco apprezzati sui mercati.

L'allevamento a fondale delle vongole veraci viene normalmente svolto mettendo in pratica le seguenti fasi:

- Predisposizione dell'area e dei fondali;
- Reperimento del seme;
- Semina;
- Monitoraggio e gestione;
- Raccolta e selezione del prodotto.

### Predisposizione dell'area e dei fondali

Normalmente l'allevamento viene delimitato in maniera visibile. Oltre a segnalare il perimetro esterno, si tende a suddividere tutta l'area in campi o orti in modo da diversificare nel tempo la gestione di semine e raccolti. Questo tipo di organizzazione assume un significato qualora si disponga di abbastanza spazio da poterlo frazionare in appezzamenti di almeno 2 000–3 000 m<sup>2</sup> ciascuno.

Ogni forma di delimitazione adottata deve avere un basso impatto ambientale, non deve ostacolare la navigazione, ma soprattutto non deve limitare il normale flusso dell'acqua. In genere si usano pali di castagno poiché economici e resistenti all'acqua salata.

Una buona circolazione idrica è un elemento fondamentale per crescita e sopravvivenza delle veraci. Per questo motivo ogni impedimento fisico, capace di modificare la normale movimentazione dell'acqua, può avere ripercussioni negative sull'allevamento. In casi estremi, se la circolazione viene notevolmente ridotta, si possono registrare perdite in termini di rallentamento della crescita e/o di aumento della mortalità.

Un agente che può condizionare il movimento dell'acqua è costituito dalle macroalghe, soprattutto dall'ulva o lattuga di mare (*Ulva rigida*). Il fenomeno, tipico degli ambienti lagunari eutrofici, si manifesta soprattutto in primavera-estate, quando il tasso di crescita delle macroalghe raggiunge valori massimi. In questi periodi si possono riscontrare fino a 10 kg/m<sup>2</sup> di biomassa algale (Viaroli *et al.*, 2001).

In alcune aree del Delta del Po, dove il problema macroalghe è particolarmente grave la raccolta viene effettuata con l'aiuto di macchine raccogli-alghe.

### Reperimento del seme

In Italia il fabbisogno annuale di seme di vongola filippina si aggira attorno ai dieci miliardi di unità, che, per oltre il 95 percento, sono prelevate in ambiente naturale. Solo una minima parte è dunque fornita da schiuditoi nazionali, ma soprattutto stranieri.

Nei primi due anni dall'introduzione della specie, tutto il seme è stato acquistato da uno schiuditoio inglese; mentre negli anni successivi le forniture si sono estese a schiuditoi spagnoli e statunitensi, mancando tali strutture sul territorio nazionale. La crescita della domanda di seme ha contribuito alla realizzazione del primo schiuditoio italiano per bivalvi, avvenuta nel 1986 per iniziativa del Consorzio Pescatori di Goro (Breber, 1988). Nel 1988 è entrato in esercizio uno schiuditoio a Marano Lagunare, dove, nel 2006 ne è stato inaugurato un secondo.

Allo stato attuale, nonostante il rilevante fabbisogno di seme, non esistono in Italia produzioni da schiuditoio paragonabili a quelle di Paesi, in cui gli allevamenti sono sostenuti quasi interamente dal seme ottenuto con tecniche di riproduzione controllata. Ciò non dipende tanto da aspetti tecnologici, quanto dalla grande disponibilità di seme selvatico, che, essendo qualitativamente migliore ed economicamente più conveniente, induce l'allevatore a ricorrere allo schiuditoio solo se non ha altre alternative, ovvero nelle annate in cui il reclutamento naturale è insufficiente a soddisfare la domanda.

All'ottima acclimazione di *T. philippinarum* nelle lagune dell'Alto Adriatico è conseguita la comparsa di molte aree idonee all'insediamento delle larve, che rappresentano oggi la principale fonte di approvvigionamento per gli allevatori (Tuolla, 1999b). Si può quindi affermare che la venericoltura italiana non dipende dall'operato degli schiuditoi.

### Semina

La semina è praticata durante tutto l'anno, sebbene tendenzialmente si evitano i giorni più rigidi dell'inverno, dal momento che a temperature inferiori a 5–6 °C la crescita delle veraci è praticamente nulla. Questa regola generale tuttavia non sempre viene rispettata, soprattutto da parte degli allevatori che dipendono dalla fornitura di seme selvatico.

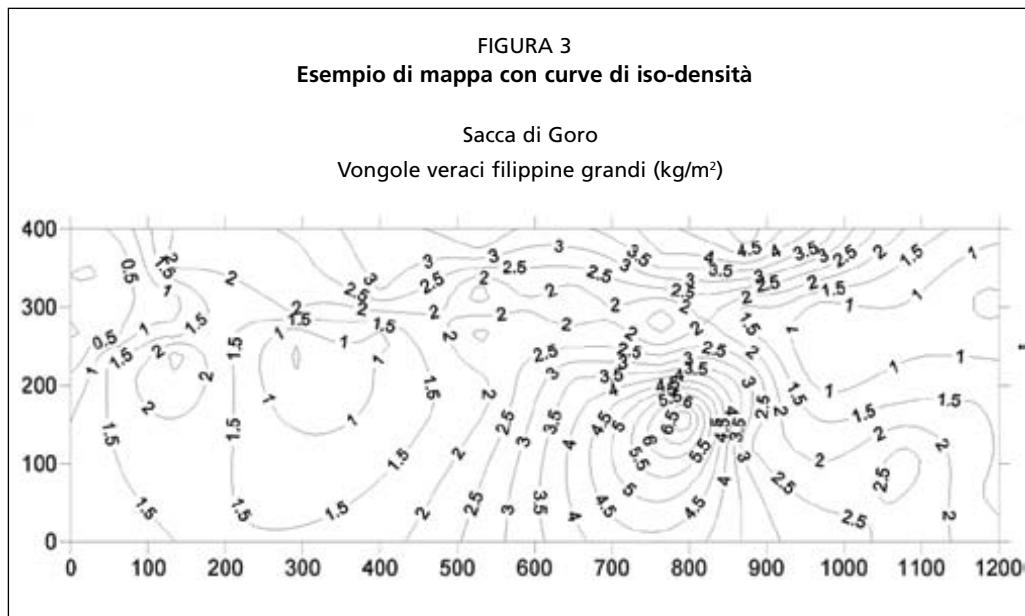
La taglia iniziale del seme può variare in base alle disponibilità del momento. La semina direttamente a fondale senza alcuna protezione viene praticata a partire da esemplari della lunghezza di almeno 10–12 mm. Qualora si decida di utilizzare seme dimensionalmente più piccolo diventa indispensabile una fase preventiva di preingrasso. È il caso del seme fornito dagli schiuditoi che normalmente ha una lunghezza non superiore a 2–3 mm.

Il preingrasso può essere svolto negli stessi fondali utilizzati per l'ingrasso proteggendo il seme all'interno di tasche di rete. La fase di preingrasso è praticabile solamente nei periodi in cui la crescita delle veraci è apprezzabile, evitando quindi i mesi più freddi. Partendo con esemplari della taglia di 1–2 mm devono trascorrere almeno 1,5–2 mesi per raggiungere una lunghezza media di 10–12 mm.

In alternativa al preingrasso a fondale, alcune cooperative di allevatori si sono equipaggiate di strutture tecnologicamente più avanzate, come sistemi a bins a terra o di Flupsy. Per quanto riguarda le densità di semina, nelle aree meno produttive non si superano i 200–300 esemplari/m<sup>2</sup> fino ad arrivare anche a 1 000–1 200 esemplari/m<sup>2</sup> in quelle più adatte.

### Monitoraggio

Conoscere le potenzialità e i limiti dell'area in cui è collocato l'allevamento è indispensabile per poter stabilire e raggiungere obiettivi produttivi. La quantità di



prodotto, nonché la sua distribuzione per classi di taglia, sono informazioni necessarie per decidere se è il momento di raccogliere, diradare o integrare il banco.

Per queste ragioni si svolgono periodici censimenti nei momenti strategici dell'allevamento, come prima di svolgere una semina, dopo una campagna di raccolta o dopo il periodo invernale di arresto della crescita. Il risultato finale è una stima della biomassa di veraci disponibile divisa per classi di taglia. Oltre a queste informazioni, è anche possibile avere una panoramica sulla distribuzione spaziale del prodotto all'interno dell'allevamento; risultato che viene reso in forma grafica con curve di isodensità (Figura 3).

### Raccolta e selezione

La raccolta del prodotto di taglia commerciale si svolge durante l'intero arco dell'anno con un intensificazione dei prelievi nei mesi di agosto e dicembre.

I metodi di raccolta sono i più diversi ed hanno subito nel corso dell'ultimo ventennio notevoli cambiamenti. I primi raccolti, per esempio, venivano effettuati con un cucchiaio da cucina per timore di danneggiare i molluschi. Successivamente, il calo del valore medio e l'aumento delle produzioni hanno indotto allo sviluppo di sistemi più pratici e sbrigativi, ma non sempre rispettosi della risorsa e dell'ambiente. Nel tempo si è passati dai rastrelli manuali di vario tipo (rasche), fino ad oggi in cui si utilizzano dei rastrelli (idrorasche) simili per dimensioni a quelli manuali, ma dotati di un idrogetto che libera le varaci dal sedimento e le spinge all'interno di un sacco di rete.

L'impiego di questo nuovo attrezzo (idrorasca) è stato autorizzato dopo una serie di studi scientifici che ne hanno dimostrato la compatibilità con l'ambiente (Turolla, 2004).

Più recente è l'impiego di imbarcazioni attrezzate per la raccolta delle veraci mediante idrogetti e nastro girevole. Questi natanti, che possono anche prelevare 10 tonnellate/ora di prodotto selezionato, è attualmente consentito esclusivamente per operazioni di diradamento e spostamenti di prodotto negli allevamenti.

La selezione del prodotto raccolto avviene mediante vagli manuali o meccanici. In entrambi i casi, nonostante la taglia minima di legge si riferisca alla lunghezza, lo svolgimento della selezione è eseguito sulla base dello spessore. I vagli sono infatti provvisti di griglie metalliche a tondini paralleli, la cui distanza definisce la taglia da selezionare.

La taglia minima di cattura, prevista dal Regolamento CE n. 1626, è di 2,5 cm. Gli esemplari di lunghezza inferiore a tale misura sono considerati sotto misura e quindi non possono essere prelevati per essere destinati al consumo.

Da un punto di vista commerciale sono invece adottate taglie diverse, che, pur non essendo codificate da alcuna legge, sono definite dalle consuetudini di mercato. Questo comporta che le vongole veraci destinate al consumo umano siano classificate secondo le seguenti tre pezzature:

Mezzane	=	100–130 pezzi/kg
Grosse	=	100–50 pezzi/kg
Super	=	<50 pezzi/kg

### PROBLEMI DEL SETTORE

I principali problemi della venericoltura italiana sono associabili a fenomeni di tipo ambientale, anche se alcuni aspetti sanitari e di natura socioeconomica possono avere importanti ripercussioni sul settore.

I problemi ambientali che possono influire sulle rese dell'allevamento e sono i medesimi che affliggono gli ecosistemi lagunari in cui sono svolte le coltivazioni stesse. Sulla base dell'esperienza nazionale, possiamo dire che i principali ostacoli sono le crisi anossiche, la proliferazione di macroalghe e l'invasione di specie competitive. L'incidenza di malattie, di parassiti e di predatori è invece abbastanza contenuta, soprattutto per le taglie più grandi.

#### Crisi anossiche

Condizioni di scarsa ossigenazione dell'acqua di fondo (ipossia) o di totale scomparsa dell'ossigeno dissolto (anossia), in relazione a fenomeni eutrofici, sono eventi molto frequenti lungo le coste dell'Alto Adriatico e soprattutto nell'area del Delta del Po (Marchetti, 1984). Le aree maggiormente colpite sono le lagune interne, ma possono esserne interessate anche estese zone di mare fino a 5–6 km dalla costa (Montanari, 1999). Le cause principali sembrano dipendere da molti fattori ambientali, primo fra tutti l'eutrofizzazione i cui più deleteri effetti si verificano in concomitanza di elevate temperature, basso o assente idrodinamismo e stabile stratificazione delle acque legata a differenze di salinità.

È importante sottolineare che le crisi anossiche si verificano durante i mesi più caldi, coincidenti con il periodo in cui le veraci sono esposte anche allo stress dovuto alla riproduzione. Gli eventi più significativi, che in alcuni casi hanno provocato morie estese fino al 100 percento, si sono manifestati quasi sempre in corrispondenza del momento di piena maturità gonadica. Va inoltre ricordato che le morie generate da carenza di ossigeno colpiscono generalmente gli esemplari di taglia più grande.

Anche se in passato sono stati eseguiti tentativi per contrastare momenti di anossia con la diffusione di ossigeno liquido, tali imprese si sono rivelate aleatorie ed economicamente non sostenibili su aree così vaste. È possibile tuttavia limitare i danni con opere mirate al miglioramento della circolazione interna delle lagune. Molti di questi interventi, come la creazione di reti di canali sublagunari o il mantenimento delle aperture di comunicazione con il mare, sono stati attuati soprattutto nelle lagune del Delta del Po con risultati indiscutibilmente positivi.

#### Macroalghe

Un altro fenomeno caratteristico degli ambienti lagunari che può influenzare le rese degli allevamenti di veraci è la proliferazione delle macroalghe. L'effetto delle biomasse macroalgalì può essere descritto sotto diversi aspetti: limitazione dell'idrodinamismo, riduzione della disponibilità di fitoplancton, eventi distrofici e ostacolo alla raccolta del prodotto.

I tali delle macroalghe costituiscono una barriera che rallenta il regolare flusso orizzontale dell'acqua e ne limita il rimescolamento verticale, riducendo la diffusione dell'ossigeno atmosferico. La particolare conformazione e le dimensioni raggiungibili dal tallo, fanno sì che *Ulva* sia potenzialmente la macroalga più pericolosa.

La completa eliminazione di tutte le macroalghe da un impianto di allevamento è un'impresa difficile da attuare; mantenere sotto controllo la proliferazione è invece fattibile.

### Competitori

Altri organismi, come il bivalve *Musculista senhousia*, insediandosi sul fondo con popolazioni numerose possono ostacolare la crescita delle veraci infossate. Questo mitilide, di origine asiatica e segnalato per la prima volta in acque italiane nel 1993 (Lazzari e Rinaldi, 1994), costruisce un nido ancorandosi con il bisso a sedimenti, bioclasti, macroalghe e bivalvi vivi. A elevate densità, i nidi di più individui danno origine ad una fitta trama che funge da barriera fra il sedimento e la colonna d'acqua (Turolla, 1999a). Nonostante alcuni studi dimostrino che non supera l'età di 2 anni (George e Nair, 1974; Crooks, 1996), questa specie può ugualmente diventare infestante in quanto raggiunge la maturità riproduttiva già nel primo anno di vita.

Sebbene esperimenti di laboratorio sostengano che la presenza di *M. senhousia* non incide significativamente sulla crescita e la mortalità di *T. philippinarum* (Mistri, 2004), sono noti i gravi danni arrecati alle coltivazioni da parte di questa specie. Per fronteggiare il problema, nelle estati 2002 e 2004 gli allevatori della Sacca di Goro sono dovuti intervenire con soluzioni drastiche (aratura e sabbiatura) per bonificare i fondali.

### Malattie e parassiti

Fino ad oggi nelle realtà produttive italiane non sono stati segnalati casi di morie gravi imputabili a malattie o parassiti. Sono state invece individuate altre cause biologiche che hanno determinato la perdita di prodotto.

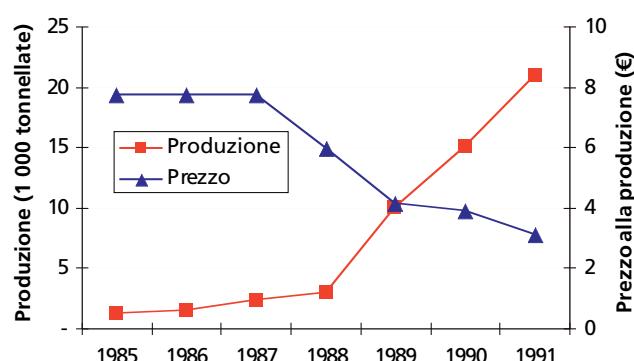
Nell'estate 2001 i popolamenti naturali e gli allevamenti di vongole veraci della Laguna di Venezia hanno subito gravi perdite. Studi sul fenomeno hanno dimostrato come questo evento sia associato alle massive fioriture di picocianobatteri che hanno raggiunto densità di  $6-16 \times 10^6/\text{ml}$  (Sorokin e Boscolo, 2002). Come specificano gli autori, tali microrganismi agiscono sia sull'ambiente aumentando la formazione di acido solfidrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), sia sul apparato di filtrazione a causa dell'impatto tossico e ostruttivo generato dal muco prodotto dagli stessi cianobatteri.

### Problemi socioeconomici

Da ultimi, ma non per ordine di importanza, tratteremo i principali problemi di natura socioeconomica della venericoltura italiana. Questi sono legati soprattutto all'andamento del mercato, che, come ogni altro comparto economico, segue le leggi della domanda e dell'offerta.

Le quotazioni delle prime vongole filippine prodotte in Italia hanno beneficiato della stretta rassomiglianza con la vongola nostrana ottenendo inizialmente lo stesso prezzo di vendita (circa 7 €/kg nel 1987). Successivamente la vongola nostrana, più apprezzata dai consumatori, ha mantenuto una sua

**FIGURA 4**  
**Andamento della produzione europea di veraci filippine e dei prezzi alla prima vendita dal 1985 al 1991**



Fonte: Da Rossi e Paesanti, 1992.

nicchia di mercato, mentre il valore della specie filippina è gradualmente diminuito come conseguenza dell'aumento delle produzioni. Questo andamento ha caratterizzato i primi anni dall'introduzione della specie (Figura 4) ed ha coinvolto l'intero mercato europeo dal momento che la produzione italiana rappresentava già nel '91 il 76,8 percento dell'intera produzione comunitaria (Rossi e Paesanti, 1992).

A fine anni Novanta il prezzo alla prima vendita della verace filippina ha toccato i valori minimi (1–1,5 €/kg) in corrispondenza dei picchi di massima produzione dovuti principalmente allo sfruttamento di banchi naturali presenti nella Laguna di Venezia.

Fino ad oggi i mercati nazionali ed esteri hanno sempre assorbito per intero la crescente produzione. Nell'ottica di un ulteriore possibile aumento dei quantitativi di pescato esiste il rischio che l'offerta superi la capacità di domanda.

Ad aggravare questa situazione contribuisce notevolmente la pesca abusiva, intesa come prelievo e messa in commercio di prodotto esercitati da persone non autorizzate. Il problema, sebbene diffuso in tutte le aree produttive, è particolarmente accentuato nella Laguna di Venezia, dove la pesca indiscriminata è svolta anche in aree interdette per ragioni sanitarie.

## PROSPETTIVE DEL SETTORE

### Gestione delle aree nursery

L'andamento delle produzioni di vongole veraci in Italia è fortemente condizionato dalle annuali disponibilità di novellame selvatico e dalle caratteristiche ambientali. Il fabbisogno di seme proviene quasi interamente da aree di nursery naturali, è quindi fondamentale adottare provvedimenti a difesa di tali ambienti e per iniziative scientifiche volte a migliorare le conoscenze sulle dinamiche di insediamento e sullo sviluppo del novellame.

Su questo problema si stanno muovendo le amministrazioni pubbliche, per esempio la Regione Emilia-Romagna ha provveduto nel 2006 alla mappatura georeferenziata delle nursery e a alla chiusura di tali aree, normalmente esposte alla pesca abusiva. Come primo risultato è stata recentemente (luglio 2007) attuata una prima campagna di raccolta gestita del novellame che ha portato al prelievo di oltre 230 milioni di esemplari in soli 13 giorni.

### Innalzamento della taglia minima

Va sottolineato che il numero di esemplari richiesti per il raggiungimento di un target produttivo dipende anche dalla taglia minima di vendita, nel senso che più le veraci sono piccole e maggiore è il numero di pezzi necessario a fornire lo stesso peso. Il Regolamento CE 27 giugno 1994 n. 1626 stabilisce come taglia minima commercializzabile per le veraci la lunghezza di 2,5 cm, corrispondente ad esemplari del peso di circa 4 g (247 pezzi/kg). La vendita di partite di taglia media vicina al limite di legge si traduce quindi in un inutile sperpero di esemplari. Per questo motivo, nell'attuale prassi commerciale gli allevatori tendono a vendere pezzature più grandi; mentre nel caso di prelevamento della risorsa da banchi naturali (pesca) tale accorgimento non viene osservato. Il problema potrebbe essere risolto elevando la taglia minima da 2,5 ad almeno 3 cm di lunghezza. Ancora meglio sarebbe adottare lo spessore delle valve e non la lunghezza, poiché la selezione delle taglie è praticata sulla base dello spessore e mai sulla lunghezza. A tale riguardo l'indicazione della taglia minima potrebbe essere di 16 mm di spessore corrispondenti ad esemplari della lunghezza di circa 32,4 mm e al peso medio di 9 g (111 pezzi/kg).

### Espansione dei mercati e incremento dei consumi

Come è stato anticipato, il consumo di vongole veraci, soprattutto in Italia, è rivolto quasi esclusivamente al prodotto fresco (vivo). Per estendere il mercato di

questo prodotto si potrebbe mettere in commercio sotto altre forme di trattamento (trasformato) o di conservazione (congelato).

Si stanno inoltre certificando i processi di filiera per garantire innanzitutto la tracciabilità delle partite dalla produzione al consumo e si stanno preparando i primi disciplinari per l'istituzione di marchi di qualità.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV. 1990. *Tapes philippinarum*, biologia e sperimentazione. Grafiche Coppelli, 298 pp.
- Breber, P. 1985. L'introduzione e l'allevamento in Italia dell'Arsella del Pacifico, *Tapes semidecussatus* Reeve (*Bivalvia: Veneridae*). *Oebalia*, 11(2): 675–680.
- Breber, P. 1988. Relazione preliminare sulla ricerca intitolata "Approntamento di una tecnica per la produzione del seme di pellegrina (*Pecten jacobaeus* L.) e di arsella del Pacifico (*Tapes semidecussatus* Reeve)". Atti seminari U.O. per Pesca e Acquacol. Min. Mar., 577–586.
- Breber, P. 1996. L'allevamento della vongola verace in Italia. Ed. Cleup, Padova, 157 pp.
- Carrieri, A., Paesanti, F. e Rossi, R. 1992. Risultati dell'introduzione di vongola filippina *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850), nella Sacca di Goro (Delta del Po). *Oebalia*, XVII, suppl. 2: 97–104.
- Cottiglia, M. e Masala-Tagliasacchi, M.L. 1988. Esperienze di allevamento di *Tapes philippinarum* in Sardegna. *Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli*, 8 (n. doppio): 3–26.
- Crooks, J.A. 1996. The population ecology of an exotic mussel, *Musculista senhousia*, in a Southern California Bay. *Estuaries*, 1(19): 42–50.
- Di Marco, P., Lombardi, F. e Rambaldi, E. 1990. Allevamento sperimentale della vongola verace *Tapes philippinarum* nel lago di Sabaudia. *Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli*, 10 (n. doppio): 15–32.
- Di Muro, P., Marcomini, F., Nanni, C., Pellizzato, M., Sanelli, L., Sordelli, E. e Tenderini, L. 1990. Allevamento sperimentale di *Tapes philippinarum* in Valle Bonello, di proprietà dell'Ente di Sviluppo Agricolo del Veneto, in Provincia di Rovigo. In: *Tapes philippinarum, biologia e sperimentazione*, E.S.A.V.: 245–268.
- Edwards, E. 2005. World shellfish production keeps growing. *Fish Farming International*, Vol. 32 (1): p. 38.
- George, E.L. e Nair, N.B. 1974. The growth rates of the estuarine mollusc *Musculista arcuatula* Yamamoto and Habe (*Bivalvia: Mytilidae*). *Hydrobiologia*, 45: 239–248.
- Giorgiutti, E., Libralato, M. e Pellizzato, M. 1999. Sperimentazioni di acquicoltura in laguna di Caorle (Ve). *A.S.A.P.*, 29 pp.
- Guo, X., Ford, S.E. e Zhang, F. 1999. Molluscan aquaculture in China. *J. Shellfish. Res.*, 18(1): 19–31.
- Lazzari, G. e Rinaldi, E. 1994. Alcune considerazioni sulla presenza di specie extra mediterranee nelle lagune salmastre di Ravenna. *Boll. Malacol.*, 30: 195–202.
- Marchetti, R. 1984. Quadro analitico complessivo dei risultati delle indagini condotte negli anni 1977–1980 sul problema dell'eutrofizzazione nelle acque costiere dell'Emilia-Romagna: situazione e ipotesi di intervento. Regione Emilia Romagna, 310 pp.
- Milia, M. 1990. Venericoltura in Laguna di Caleri ed in Sacca degli Scardovari. In: *Tapes philippinarum, biologia e sperimentazione*, E.S.A.V.: 209–211.
- Mistri, M. 2004. Effect of *Musculista senhousia* mats on clam mortality and growth: much ado about nothing? *Aquaculture*, 241: 207–218.
- Montanari, G. 1999. Il controllo delle dinamiche eutrofiche nella fascia costiera dell'Emilia-Romagna. Andamenti spazio-temporali ed effetti ambientali dei processi eutrofici nel 1999. Atti Conferenza regionale della pesca, Regione Emilia-Romagna, Cesenatico, 6 novembre 1999. 12 pp.
- Paesanti, F. 1990. Programmi di sviluppo della pesca e dell'acquacoltura nella Sacca di Goro. *Hydiores*, Trieste; 8: 56–57.

- Paesanti, F. e Mantovani, A.** 1990. Allevamento della vongola verace (*Ruditapes philippinarum*) nella Sacca di Goro. *Hydrores*, Trieste; 8: 58–60.
- Pellizzato, M.** 1990. Acclimazione della specie *Tapes philippinarum* e primi allevamenti in Italia. In: *Tapes philippinarum, biologia e sperimentazione*, E.S.A.V.: 157–170.
- Pellizzato, M. e Mattei, N.** 1986. Allevamento di *Tapes (Ruditapes) philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcuni biotopi lagunari veneti. *Nova Thalassia*, 8(Suppl. 3): 393–402.
- Pellizzato, M., Mattei, N. e Renzoni, A.** 1989. Allevamento su scala commerciale di *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) in alcune valli venete. *Oebalia*, XV-2: 735–744.
- Rinaldi, E.** 1991. Le conchiglie della costa romagnola; Ed. Esseggi, Ravenna, 189 pp.
- Rossi, R. e Paesanti, F.** 1992. Vongola verace: la situazione europea. Laguna, 6: 24–29.
- Rossi, R., Paesanti, F., Turolla, E., Pellizzato, M., Caramori, G., Rossetti, E., Zentilin, A., Melaku Canu, D., Solidoro, C., Pastres, R., De Leo, G., Donati, F., Zoppietto, M. e Ceschia, G.** 2000. Elementi di valutazione ecologica, economica e sociale per fronteggiare la flessione produttiva di vongole filippine nell'Alto Adriatico. Report prepared for the Ministero delle Politiche Agricole e Forestali.
- Sorokin, Y.I. e Boscolo, R.** 2002. La moria di vongole nell'estate 2001 in Laguna di Venezia era prevedibile. *Chioggia Rivista di Studi e Ricerche*, 20: 55–60.
- Turolla, E.** 1999a. Nuovi ospiti per la sacca di Goro. *Laguna*, 4: 32–35.
- Turolla, E.** 1999b. Riproduzione controllata di bivalvi. *Laguna*, 5: 16–19.
- Turolla, E.** 2004. Studio sulla valutazione dell'impatto di nuovi attrezzi per la pesca delle vongole veraci. Amm. Prov. Ferrara – Relazione finale, 57 pp.
- Viaroli, P., Azzoni, R., Bartoli, M., Giordani, G. e Taje, L.** 2001. Evolution of the trophic conditions and dystrophic outbreaks in the Sacca di Goro lagoon (Northern Adriatic Sea). In: Faranda, F.M., Guglielmo, L. e Spezie, G. (Eds.), *Mediterranean Ecosystems: Structure and Processes*. Springer-Verlag, Berlin: 443–451.
- Zentilin, A.** 1987. L'allevamento della vongola verace nella laguna di Marano (UD). Atti della Seconda Giornata della acquacoltura lagunare, Marano Lagunare, 31 ottobre 1987.

# Descripción del sector mitilícola en la región de Los Lagos, Chile: evolución y proyecciones

**Manuel Bagnara Vivanco**

*Dirección Regional CORFO, Región de Los Lagos  
Puerto Varas, Chile  
E-mail: mbagnara@chile.com*

**Gastón Maltrain Donoso**

*Departamento de Innovación Regional CORFO, Región de Los Lagos  
Puerto Varas, Chile*

**Bagnara Vivanco, M. y Maltrain Donoso, G.** 2008. Descripción del sector mitilícola en la región de Los Lagos, Chile: evolución y proyecciones. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 189–198.

## RESUMEN

El presente trabajo entrega una revisión completa de la situación actual de la industria de la mitilicultura chilena. Mediante una revisión de la evolución de esta actividad, se describe la totalidad de los actores que en la actualidad componen la cadena de valor de esta industria. Además a través del análisis de los datos cuantitativos se determinan las tendencias, proyecciones, frenos y oportunidades, lo cual da una idea clara de la importancia que tendrá el sector mitilícola tanto para el desarrollo económico de la región de Los Lagos, como del país.

## ABSTRACT

The work presented herein attempts to give a complete review of the Chilean mussel aquaculture industry. Through the review of its development, all the stakeholders of the chain value are indicated. In addition to this, through the analysis of quantitative data the tendencies, projections, constraints and opportunities are described. The latter provides a clear idea of the importance that this industry may have for the economic development of the region of Los Lagos and the country as a whole.

## INTRODUCCIÓN

La mitilicultura en Chile, puede ser considerada un proceso de innovación en si misma, ya que depende del cultivo de una especie con altas complejidades desde el punto de vista productivo. En menos de 15 años de aprendizaje colectivo en torno a esta actividad, la industria ostenta un claro camino de liderazgo mundial. Este proceso de aprendizaje colectivo se ha sustentado fundamentalmente en la utilización de las ventajas comparativas que ofrecen la región de Los Lagos para el cultivo de esta especie (clima, geografía y

calidad del agua), y la maximización de las ventajas competitivas a través de la búsqueda y adaptación de tecnologías externas, la generación de una oferta de proveedores locales, la fuerte inversión e infraestructura y el fortalecimiento del capital humano.

Hoy las crecientes proyecciones de venta de los actuales y potenciales mercados, así como las altas exigencias nutritivas exigen estándares de calidad e inocuidad. Así, para mantener las actuales tasas de crecimiento de la industria, se requiere una rápida búsqueda de alternativas que apunten a solucionar los puntos críticos que le restan competitividad a la industria de los Mitílidos en Chile.

El presente documento entrega un análisis sobre esta actividad desde el punto de vista necesario para establecer líneas de acción y focalización de los recursos públicos, los que asociados a recursos privados, debieran contribuir al afianzamiento definitivo de ésta creciente realidad exportadora.

## OBJETIVOS

### General

Realizar una descripción de la cadena productora-exportadora de mitílidos en la Décima Región de Los Lagos para lograr a través de este conocimiento determinar si se fundamenta la ejecución de un Programa de Mejoramiento de la Competitividad del sector mitilicultor.

### Específicos

- Configurar la estructura económica del sector y sus relaciones: recursos, actores, encadenamientos.
- Entender los niveles de escala de operación sustentable con el objeto de promover instrumentos adecuados.
- Estudiar necesidad de aplicación de programas de manejo sanitario o ambiental para la sustentabilidad de la actividad.
- Determinar cuáles son las restricciones y limitantes (actuales y proyectadas), los potenciales de desarrollo y las medidas o acciones a implementar para la proyección de un crecimiento sustentable del sector, tanto desde el aspecto de concesiones como el tema tecnológico centrado en semilla producida en hatchery y también en bancos naturales en la Décima Región.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos rondas de entrevistas. En la primera se tomaron los antecedentes preliminares de actores sectoriales para identificar personajes claves y bases para la configuración de la estructura económica productiva, una segunda ronda de entrevistas complementarias se estimaron necesarias debido a los fuertes cambios a los que está actualmente sometido el sector mitilicultor. Los entrevistados son participantes claves de las componentes productiva, comercial y proveedores de bienes y servicios de la industria mitilicultora. En su totalidad se sostuvieron 75 entrevistas.

Una dificultad del levantamiento de información se produjo por la dispersión de los grupos de pequeños productores independientes. Para poder contar con una mejor visión de estos grupos se organizaron tres sesiones de trabajo tipo talleres de conversación, una en Puerto Montt y 2 sesiones en Castro. Por lo importante del cambio de relaciones entre los actores, que se está produciendo por el crecimiento de la industria, se estimó necesario reforzar la investigación y se coordinaron reuniones adicionales para las zonas de Chiloé (Castro, Quellón y Calbuco), en estas reuniones se trabajó con una convocatoria amplia, se presentaron resultados preliminares informativos y se trabajó con una encuesta preparada sobre la base de las entrevistas realizadas con anterioridad en la segunda ronda, así se hizo necesaria una tercera ronda de profundización de la temáticas planteadas en estas entrevistas.

Por otra parte, respecto de información secundaria, el catastro sobre productores y plantas ha sido obtenido desde la fuente oficial por el Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA). Así mismo la de comercio exterior tiene su base en los registros de aduana que son elaborados por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) o ProChile (Programa de fomento a las exportaciones chilenas, dependiente del ministerio de Relaciones Exteriores.). Además se ha realizado una recopilación de estudios sectoriales, estadísticas sectoriales, producción y comercio y estudios relacionados con variables de mercado.

## RESULTADOS

### Principales procesos de la industria

En la mitilicultura se distinguen claramente tres procesos productivos principales, los cuales son:

La *producción de semillas* realizada en los denominados semilleros y que luego servirán de insumo para los centros de engorda donde el producto crece hasta el chorito de cosecha pasando a las plantas de proceso.

La *industrialización* o transformación a productos finales que en el grueso productivo actual son conservas y carne congelada, con elaboración menor de otros tipos de productos como congelados.

La *comercialización* que en parte importante es realizada por las propias empresas y consiste en su mayoría en destino a mercados externos.

### Perfil operacional y tecnológico de la industria

En este punto se resumen las principales condiciones de operación y las tecnologías que se detectó están siendo usadas en la industria en cada etapa productiva. También se entrega el número y tipo de participantes estimados y las relaciones de intercambio entre ellos.

**Semilleros:** Actualmente, en la X Región, la obtención de semilla se realiza mediante captación natural en zonas de reproducción del chorito de banco natural o donde existen cultivos. Los intentos de desarrollo de «hatcheries», sistemas de producción controlada de las semillas de mitílidos no tienen todavía en Chile ni en el mundo soluciones que logren costos y rendimientos apropiados para trabajar en la industria. Para el abastecimiento de semillas, los mitilicultores tienen varias modalidades, ya sea realizar la captación en su propia concesión, comprar el servicio de captación en lugares tradicionales, comprar el servicio de captación en diversos centros privados que ofrecen distintas modalidades de servicios de captación de semilla, comprar las semillas en colectores, comprar las semillas a granel.

Respecto de semilleros, existen 5 grandes áreas para la captación: Yaldad, Ilque-Huelmo, Quillaipe-Metri, Estuario del Reloncaví y Hornopiren-Pichicolo, todos actualmente operando. Existen además otros centros que operan en menor cantidad como Coldita, Curanue, Puerto Carmen, Cochamo y Buil. Esta actividad puede realizarse con un muy bajo nivel de inversión y en pequeñas superficies. Por ejemplo en 5 hectáreas puede colocarse 20 000 colectores de los cuales se obtendrá más habitualmente entre 8 a 12 kilos de semilla por colector. Un parámetro estimado de producción obtenido de las entrevistas es que 1 kilo de semilla produce potencialmente 10 kilos de choritos. Respecto al nivel tecnológico, se detecta que hay quienes por intuición y conocimiento práctico van desarrollando mejores sistemas y además hay quienes perciben que las semillas de algunos centros tendrían mejor calidad. Esta última se mide porque no vienen muy «contaminadas» con choros o cholgas ni incrustaciones. Aparentemente hay zonas donde prolifera mucho la «contaminación» con otras especies.

Entre los productores de semillas se observa una variedad de participantes, desde pequeños productores hasta empresas de gran envergadura que han entrado en el último tiempo y comienzan a generar sus centros semilleros. Pequeños productores que anteriormente se dedicaban al cultivo de engorda de choritos, han encontrado en esta la captación de semilla una opción a la actividad de cultivo, que debido a las escalas mínimas que va requiriendo para ser competitivo con el crecimiento de la industria y a las nuevas exigencias impuestas y por imponerse especialmente relacionadas con el cumplimiento con temas medioambientales, comienzan a quedar fuera de su alcance y posibilidades de inversión.

También se están generando en algunos casos relaciones de carácter contractual de palabra o de hecho entre empresas de gran tamaño y los productores de semillas. Esta es una de las relaciones detectadas en proceso de construcción; es un área donde hay actores nuevos tanto en la oferta como en la demanda, por lo que no hay una historia del «cómo se hacen los acuerdos».

**Centros de engorda:** Los cultivos se desarrollan principalmente en el Archipiélago de Chiloé y en Calbuco, debido a la calidad de las aguas y a las condiciones ambientales favorables para el desarrollo de este recurso. También se encuentran en la provincia de Valdivia, y marginalmente en la IX Región, en el río Queule (Toltén) y en el río Imperial (Carahue) y en la VIII Región en Lenca. Pero la X Región es hegemónica en cuanto a número de centros y en producción. Chiloé representa el 81 por ciento de la producción, equivalente a unas 98 000 toneladas de materia prima destinada a proceso, mientras que la zona de Calbuco y Puerto Montt produjeron alrededor de 23 000 toneladas brutas (Sernapesca, 2006). En número, del total de centros el 56 por ciento se encuentran ubicados en la Isla de Chiloé, mientras que el 25,7 por ciento corresponde a los centros ubicados en las localidades de Calbuco y Puerto Montt, los restantes centros correspondientes al 18,3 por ciento, se distribuyen en otros lugares de la X Región. Es interesante hacer notar que si bien el 56 por ciento de los centros están en Chiloé, en el 2006 fueron responsables del 81 por ciento de la cosecha de choritos, es decir, son centros de mayor tamaño o hay un mayor número en operación productiva. En la actualidad los 1 132 centros de cultivos en la X Región abarcan una superficie de 5 228 ha, sin embargo el 63,4 por ciento se encuentra en operación (722). De éstos todavía son pocos los que tienen la capacidad de producir un volumen alto ( $>3\,000$  toneladas). Muchos productores que tienen concesiones con potencial de crecimiento, o están en el proceso de crecimiento, como es el caso de grandes empresas que han ingresado a la actividad, o no tienen el capital para explotar la potencialidad de toda su concesión y se quedan estancados en producciones entre 200 y 500 toneladas.

### **Industrialización en plantas de proceso**

**Tipo de productos:** En Chile los productos congelados y enlatados son los dominantes; en el caso de congelados que han ido ganando el liderazgo, casi toda la producción es de carne de choritos con algunas producciones menores de empacado al vacío entero y también la presentación de media concha. En la medida que ha crecido la industria chilena de mitílidos se ha ido especializando en productos elaborados. Si bien desde su origen hay una participación de la industria enlatadora con predominancia de esa forma de elaboración y venta en lo industrializado, desde el año 2000 se revierte esa característica y pasa a tener preponderancia la producción de choritos congelados.

**Plantas y características:** Durante el año 2005 y 2006, siguiendo la tendencia de años anteriores, del total desembarcado, que fueron 87 736 toneladas el 84,7 por ciento se industrializó y destinó a materia prima para plantas de proceso, es decir 74 316 toneladas. De estas el 84,5 por ciento fue destinado a la línea de Congelados, el 13,7 por

ciento a la línea de conservas, el 1,6 por ciento a la línea de frescos refrigerados y de productos cocidos. Para ese mismo año los datos de SERNAPESCA dan cuenta de una producción en plantas de proceso de 17 219 toneladas, las cuales se distribuyeron en 14 341 toneladas de productos congelados, 2 606 toneladas de productos en conservas, 249 toneladas de frescos enfriados y 23 toneladas de productos cocidos. Las empresas dedicadas al procesamiento y elaboración de mitílidos y otros moluscos suman cerca de 40 de acuerdo a los registros de SERNAPESCA, las cuales se concentran en Puerto Montt, Chiloé y Calbuco, de ellas sólo 4 pertenecen a la Categoría A, de las otras, la mayoría clasifica en la Categoría B (30) y las 6 restantes se dividen en Categorías C y D. Cabe señalar que la categorización de las plantas de proceso en Chile esta relacionada primero con la calidad de la infraestructura que estas poseen y de los procesos que son capaces de realizar, lo que les abre la posibilidad de exportar a mercados con mayores exigencias sanitarias, las de tipo A permiten exportar a los mercados de Estados Unidos, Europa, y sudeste asiático, las de tipo B permiten la entrada a los mercados existentes dentro de América Latina y por último las de tipo C y D permiten la venta de productos marinos para consumo directo dentro del Chile.

**Proveedores:** Dentro del marco de generación de información primaria, a los proveedores se les considera como actores directamente vinculados en el mercado de la industria, cuya opinión debido a su experiencia permite elaborar un conjunto de conclusiones entregando una visión más completa del escenario mitilícola. Es así como se puede dividir la proveeduría en dos áreas: servicios y productos.

El sector de prestación de servicios ha demostrado ser aún incipiente, dado el nivel tecnológico relativamente bajo en que se realizan actualmente los cultivos de mitílidos. En relación a las empresas enfocadas al suministro de productos es posible agruparles de acuerdo a labores comunes, las que pueden sub-clasificarse en: Implementación de equipos industriales, comercialización de productos enfocados al área de cultivo, productos enfocados al área planta procesadora y producción de elementos de sustentación. La implementación de equipos industriales se encuentra representada por maestranzas y empresas metalmecánicas, que brindan al cliente el diseño, instalación y manutención de equipos, incorporando mejoras que se adecuan a los requerimientos de las empresas. Lo que se plantean como desafío a la hora de su materialización, también existe el abastecimiento y soporte de embarcaciones de apoyo en la que participan empresas armadoras, por último la proveeduría de cabos, artículos de ferretería, herramientas y afines está bien cubierta por empresas de la región.

Un panorama muy diferente muestran las empresas productoras de elementos de sustentación, flotadores y señalizadores las que en un principio fueron proveídos por empresas ubicadas en la capital del país, cabe señalar que ha habido una respuesta rápida a los requerimientos de la industria mitilícola y en la zona se han instalado ya varias empresas que fabrican sus propios productos localmente, por otro lado en el campo de suministro de equipos de plantas hay en Chile representación de líneas españolas y holandesas. Para el abastecimiento de envases de lata para la conservería se encuentran pocas empresas operando, cuyos productos tienen algunos estándares no cumplidos para los requerimientos de los mercados y eso hace pensar a las conserveras en la necesidad de importar envases, además cabe mencionar también la creciente demanda, del mercado europeo especialmente, en el uso de ecoenvases (contenedores de conservas biodegradables), lo que a todas luces es un gran desafío y oportunidad de negocios para la industria local.

Según lo descrito anteriormente se puede concluir a partir del total de proveedores, que el 100 por ciento de estos no provee exclusivamente al sector mitilícola, más bien han derivado en forma paralela, producto del desarrollo de la salmonicultura aprovechando un nuevo nicho comercial que refleja grandes perspectivas de desarrollo, el 79 por ciento de los proveedores enfocan sus servicios a todo tipo de empresas, el

21 por ciento restante sólo a medianas y grandes, pues poseen una cartera de clientes o porque han tenido malas experiencias que han obligado a dirigir su atención a estas.

Referido a la procedencia de sus productos tan sólo dos empresas las importan directamente representando el 14 por ciento, sin embargo se debe señalar que la materia prima para la fabricación de sus productos como ensamblaje, en su gran mayoría es de procedencia extranjera, lo que deja ver la falta de empresas nacionales que fabriquen los productos requeridos.

### **Evolución, tendencias, frenos y oportunidades para el fortalecimiento de la industria mitilícola**

El hecho principal al mirar el conjunto de la industria mitilícola actual es que nos encontramos ante una industria en plena evolución y construcción de nuevas relaciones entre sus integrantes. Tal es así que las estadísticas e información oficial del año recién pasado (2006) no alcanza a dar cuenta de la participación de todos los actores de este momento (mayo de 2007), ni de capacidades instaladas disponibles. Nos enfrentamos hoy a una industria con cambios en los tamaños mínimos productivos, con nuevos actores productivos, con una fuerte tendencia a la integración vertical, con la incorporación acelerada de tecnologías de mecanización de procesos y con el desarrollo de proveeduría dedicada a la industria pero basada en la existente para salmones. En este panorama global tenemos que hablar de la “Industria mitilícola en evolución”, en este contexto hemos buscado tratar de comprender la realidad actual, para lo cual nos detendremos brevemente en algunos hechos de su evolución pasada, y hemos buscado identificar las oportunidades al interior de este sector, así como sus frenos y las perspectivas que sus actores visualizan tanto para el sector como para su propio tipo de actividad.

### **Configuración actual, evolución y tendencias**

Como se verá en las cifras presentadas más adelante, la industria comienza un crecimiento acelerado desde 1998. En la última década 1997–2006 las tasas de crecimiento interanual de la producción de choritos chilena variaron entre 12,18 y 44,21 por ciento. La tasa calculada de crecimiento promedio interanual sostenida en los últimos 10 años es de 26,56 por ciento. Un crecimiento altísimo para una industria basada en recursos naturales.

La estructura vigente hasta casi principios de este siglo (los últimos años de los 90's e inicios del 2000) era la de una industria basada en muchos pequeños productores de cultivo, la mayoría independientes y muchos de ellos ex pescadores que derivaron a esa actividad por la caída de su propia actividad extractiva; se operaban tecnologías muy básicas de cultivo basadas en sistemas longline y a menudo se utilizaban insumos de segunda mano. La generalidad de sus participantes desconocía las operaciones mecanizadas y no se aplicaban mejores prácticas de manejo. No había una industria de alta exigencia por calidad de materias primas, ya que Chile no estaba en el circuito de los exportadores internacionales a Europa. La exigencia más relevante era la de control de marea roja, impuesta incluso por el consumo interno del producto distribuido en fresco.

En el lado de las plantas elaboradoras, se contaban entre 20 a 40 plantas de procesos que, con excepciones, entraban y salían de la industrialización de choritos. En su mayoría con tecnologías también muy básicas y prevalecían operaciones manuales. En esos años hubo empresas de capitales chilenos que tenían un nivel destacado sobre el resto de la industria, coexistían además muchas otras plantas que procesaban diversos productos, entre ellos choritos. Para éstas la etapa crítica principal eran las condiciones sanitarias de las instalaciones y su operación que no calificaban para entrar a los mercados europeos tradicionales consumidores de choritos, el mercado de exportación más interesante era Argentina que se vio colapsado a principios de los años 2000 por la situación económica de ese país. Por esa misma época llegan a Chile

las primeras empresas de capitales españoles y larga tradición de operación en Galicia, las cuales en un principio instalan sólo planta de procesos, pero luego incorporarían los cultivos. Así, se inicia en la industria mitilícola la incorporación de capitales y tecnologías extranjeras. El interés por expandirse en Chile está dado porque en España los lugares de cultivo están colapsados, en cambio en nuestro país aún existen sitios disponibles con buena calidad de aguas. En este punto es donde se comienza a observar el nacimiento de empresas integradas verticalmente y con tecnologías mecanizadas. Es también cuando Chile comienza a desarrollar un lugar importante en el mercado europeo, especialmente el español.

Durante los últimos 3 a 4 años el creciente interés por parte de empresas chilenas por ingresar a la mitilicultura, trae compañías de distintos perfiles: algunas provenientes de la pesca que tenían dos motivadores inherentes a su propia actividad para buscar opciones, una, que la pesca de especies para consumo humano está muy limitada por los niveles de explotación máximos alcanzados y otra, que las compañías pesqueras que entraron a la mitilicultura tuvieron buenos resultados económicos derivados de su operación en harina de pescado encontrándose con capital disponible. Con estas condiciones y con canales de mercadeo desarrollados en productos del mar, la mitilicultura, que presentaba tasas crecientes de consumo en el mundo apareció como una buena opción. Así actualmente la composición y origen de capitales se estima que estará compartida en términos relativamente compartidos entre empresas chilenas y capitales europeos. Las diferentes empresas señaladas totalizan 15 compañías cuyos planes son los de convertirse en grandes compañías, esto es con planes que van sobre las 15 000 toneladas de materia prima cada una y con un horizonte proyectado de hasta 50 000, no hay que ser muy perspicaz para notar entonces que Chile en pocos años se ha convertido en un actor relevante en el campo de mitílidos a nivel mundial y el centro de una actividad más globalizada. Esto ha traído consigo la necesidad de dramático un cambio tecnológico que se aprecia en sólo 5 años y relacionado solo a grandes empresas, lo cual instala barreras de entrada importantes tanto en la parte de cultivo como en la de plantas procesadoras.

En el lado del mercado, también el tema se ha sido dinámico. De hecho, ya suman una treintena las firmas que exportan mitílidos en el país. De acuerdo con la Dirección de Promoción de Exportaciones de Chile (ProChile), las 9 empresas que lideraron el ranking exportador de mitílidos durante el 2006 sumaron en conjunto un total embarques (FOB) de \$EE.UU. 52,1 en esta descripción de los más relevantes no aparecen todavía empresas que están en pleno desarrollo y que tendrán impacto en el 2007. Es importante observar que Chile ya participa con más del 50 por ciento del abastecimiento del mercado español y ha abierto varios mercados.

Resumiendo, la industria mitilícola chilena transita hacia convertirse en una de las más importantes de este rubro en el mundo, ha crecido y está proyectándose como una industria de tecnología moderna con participación de importantes capitales extranjeros y nacionales. En Chile se está levantando un tipo de industria diferente a la del resto de los países participantes; con altos volúmenes de operación por empresa con integración vertical en los cultivos, lo que generaría un tipo de operación sin igual en el mundo. Esta forma de desarrollo se puede entender por dos factores: uno es la necesidad de competir con volúmenes importantes para entrar a nuevos mercados alimentarios que requieren de volúmenes para operar y la otra es poder generar algunas economías de escala para pagar la tecnificación que se está introduciendo.

El crecimiento del sector ha arrastrado a algunos pequeños y medianos a crecer, pero también a algunos profesionales jóvenes a entrar como productores independientes. Nunca como hoy se ha visto un movimiento por formalizar concesiones y traspasos de áreas para juntar paños de agua que permitan contar con áreas de cultivo que logren cubrir los planes de crecimiento de las grandes compañías. Actualmente se está produciendo un cambio en el mapa de propiedad de las concesiones, por lo que es difícil

tener un panorama muy claro de la situación aún contando con datos actualizados, posiblemente a fines de este año se tenga una situación más clara al respecto.

Las grandes compañías cuentan con planes que por lo mínimo son de elaborar producción con requerimientos de materias primas por 10 000 toneladas y hasta 50 000 cada una. Entonces, si esto es así y se considera las más grandes a un promedio de 20 000 toneladas cada una, se tiene un agregado de 300 000 toneladas, lo que desde el punto de vista de espacio en el agua y a una tasa estimada entre 75 y 100 toneladas por hectárea requiere de entre cuatro mil y tres mil toneladas de cultivo en operación es decir un 77 por ciento y 58 por ciento de las hectáreas que hoy están otorgadas según la información oficial de concesiones. Estas cifras vienen a reiterar el cambio que se estaría produciendo en la composición de propiedad de áreas de cultivo pero también coinciden con el interés expresado por las propias plantas de seguir contando con la oferta de terceros productores.

En las entrevistas efectuadas a productores pequeños, digamos entre 100 y 800 toneladas, hay una percepción de que será difícil competir y que los grandes han llegado y no será posible competir si no crecen. Los pequeños perciben su fortaleza en una calidad de producto buena aunque no precisan por qué y en que tienen un costo menor. Desde la perspectiva de las empresas la fortaleza del suministro de terceros es que les permite por ahora apoyar su fase de instalación y/o de crecimiento, también permite diversificar áreas de cultivo entregando algunas ventajas como ampliar las ventanas de cosecha e ingreso de materia prima a sus plantas y reduciendo el riesgo siempre presente de eventos catastróficos como la marea roja.

Cabe mencionar que se han identificado que las barreras de entrada, frenos al desarrollo y mantención de pequeños y medianos productores las cuales se resumen en los puntos siguientes:

### **Frenos y oportunidades**

PSMB: el Programa Sanitario de Moluscos Bivalvos, que exige un programa estricto y costoso para el pequeño productor ya que su aplicación, por lo tanto su costo, es por área sin importar el tamaño del productor. Este concepto tiene un costo superior a los de 2 millones de dólares EE.UU. anuales. Es una barrera conocida por los productores, pero declaran que su costo se les hace alto sobre todo enfrentando las próximas exigencias que agregan costos de inversión y de operación.

Exigencia de flotadores cubiertos: esta exigencia próxima a imponerse se refiere a la necesidad de incorporar los flotadores de las líneas de cultivo en material que ya no será más poliestireno expandido desnudo, sino que deberá ser cubierto, ya sea los mismos flotadores con material normado que no se destruya o por flotadores plásticos que masivamente han puesto las nuevas empresas en sus cultivos, esta exigencia es una barrera no sólo para ampliar sus cultivos sino para cambiar el que tienen actualmente, la cual genera un nivel de gasto mayor.

La tercera barrera importante es la necesidad de mecanización que ha traído consigo el aumento de tamaño productivo y los requerimientos de los clientes por contar con productos más limpios y de mejor calidad. La mecanización se visualiza especialmente útil para mejorar los rendimientos de cosecha. Esta barrera la perciben especialmente en la entrega del producto. Cuando la operación es manual el producto es extraído sucio y contaminado por materiales extraños, todo lo cual a la hora de hacer el balance de precio de compra con la planta que paga una vez que ha comprobado rendimiento les reducía hasta en un 40 por ciento el precio de lista, la implementación de algún grado de mecanización y mejores prácticas, este descuento llega solo al 9 por ciento.

En cuanto al cambio de tamaño productivo, la necesidad de mecanizar proviene de la demanda de personal para la cosecha, recurso escaso en la Isla de Chiloé. Un centro que requiera cosechar 500 toneladas con 4 personas en jornadas de 8 horas se demora poco

más de 2 meses, ya que se cosechan, en promedio, 10 toneladas al día. Las cosechadoras mecánicas tienen un rendimiento actual de 30 toneladas/día o más.

Todo lo anterior pone el acento sobre cuál sería el tamaño mínimo productivo para las actuales condiciones. Es una opinión entre productores que aquellos de entre 500 y 1 000 toneladas tenderán a desaparecer ya que ante cualquier revés de mercado que reduzca el precio de compra a niveles como los del año 2006 en que se pagó en términos reales hasta \$EE.UU. 60/kilo no podrán resistir y de hecho quedaron muchos en condiciones muy precarias con esa situación. También es un sentir que aquéllos que no tengan las hectáreas suficientes o las reúnan como grupo para lograr ofrecer al menos 500 toneladas, no tendrán el peso suficiente para convertirse en productores validados. En cuanto a oportunidades, los productores pequeños o medianos independientes visualizan que las empresas que están ingresando a la actividad pueden significar una demanda para su producción. El acceso a capital es lo que mayoritariamente estiman que les podría apoyar para poder crecer.

### **Aspectos de la industrialización de la mitilicultura**

#### *Productores y tecnología*

Anteriormente se entregaron antecedentes respecto de la industria elaboradora. Valga resumir acá que actualmente la composición de productores en la fase de industrialización de productos está verticalmente integrada en su mayoría, as tecnologías son estándares para choritos y provienen principalmente de Europa en cuanto a maquinaria especializada, complementándose en Chile para equipos de más amplio uso como calderas por ejemplo y en algunos casos mesones y ese tipo de materiales, de acuerdo a lo investigado, actualmente una planta de proceso de las que se construyen o remodelan está en el valor de unos 4 a 5,5 millones de dólares EE.UU., las preocupaciones en esta materia no son de tecnología o innovación, sino más bien de abastecimiento de materia prima de buena calidad y de cumplimiento de las normativas existentes.

Un tema que no se ha tocado antes es la relación compra-venta de materia prima entre plantas y productores de cultivo independientes. Al respecto lo que pudimos recoger indica que el sentimiento de los productores es que la relación es arbitraria, ya que las plantas deciden el precio y cantidad. Además, está de por medio el descuento que se aplica al peso que se entrega a la planta, ya que ésta le informa el rendimiento obtenido ex post una vez eliminados los choritos rotos, la suciedad y presencia de otras especies. En este tema un problema es que los productores no acostumbran a hacer un muestreo de lo que entregan por lo tanto no hay elementos objetivos de arbitraje.

#### *Tendencias y proyecciones*

En cuanto a tendencias, obviamente es hacia continuar creciendo, el abastecimiento de materia prima estaría compartido por producción de los cultivos integrados y de terceros en proporciones proyectadas de abastecimiento propio que van entre 30 y 50 por ciento para la mayoría. Es decir siempre hay interés por mantener una proveeduría de terceros. La composición de productos se volcaría hacia los congelados, los productos irán ajustándose a los requerimientos de mercado y se habla también de apertura de nuevos mercados agregados a los que tradicionalmente han sido los destinos.

#### *Oportunidades y frenos*

Las oportunidades se han visto en la apertura de mercados y crecimiento del consumo. Todos los entrevistados con excepción de uno declararon su confianza en la expansión de mercado basada en las investigaciones propias hechas entre sus clientes y en ferias recientes.

Entre los frenos, las opiniones apuntan a la extrema burocracia que rodea la aprobación de plantas y su posterior operación. Se plantea que existe un proceso muy estricto para iniciar operaciones en que incluso la aprobación para algunos mercados requiere de hasta 6 meses de operación, lo que puede llegar a significar costos de inventario sin una seguridad que al cabo de ese tiempo no surja alguna no conformidad que todavía extienda los plazos, quienes operan plantas en España y Chile comparan ambas institucionalidades y plantean también las dificultades de una sobre regulación.

A la industria mitilicultora le interesa la idea de contar con una organización que apoye el desarrollo tecnológico de la mitilicultura en temas como; producción de semillas, sistemas de cultivo y su manejo, genética, temas comunes a resolver en procesamiento industrial (por ejemplo procesos de cocción), Manejo de marea roja (laboratorios regionales) todas estas temáticas podrían abordarse desde la perspectiva de un centro de estudios similar a lo que es el Instituto Tecnológico del Salmon (INTESAL) para el sector salmonícola, de hecho un freno importante detectado es la falta de laboratorios de certificación para los requisitos sanitarios y ambientales de los programas de seguimiento y certificación.

El campo de los residuos es otro tema en el que posiblemente se encuentren oportunidades en el futuro próximo. Actualmente el descarte de conchas tiene utilizaciones en las grandes empresas donde son calcinadas para la obtención de cal. Sin embargo, los grandes volúmenes futuros podrían dar pie a una gran industria paralela que utilice estos residuos.

### **CONCLUSIONES**

A pesar del crecimiento sostenido de los últimos años de la industria mitilicultora, la cual no tiene parangón con otra actividad productiva en la región y el país, aun se visualizan múltiples falencias, tanto en el área técnica como en el de la gestión, especialmente en lo referido a las metodologías utilizadas en los procesos de captación, engorda y cosecha. La existencia de estas múltiples brechas amerita el apoyo de la institucionalidad del estado de Chile, por ejemplo a través de un Plan de Mejoramiento de la Competitividad, el cual posea un directorio compartido que incluya a todos los actores del sistema. Lo anterior posibilitará la toma de decisiones consensuadas, lo que seguramente facilitara superar estas brechas y posicionando así a la industria mitilicultora chilena como un referente mundial, tanto en su nivel técnico y de gestión, como en su nivel de producción y competitividad. Además es clave para asegurar la consolidación de esta industria acuícola, el levantamiento de un referente en el ámbito de la investigación y desarrollo, similar a lo que representa INTESAL para el sector salmonícola, el cual tome la riendas de los desarrollos necesarios para que esta industria se posicione como un referente global en la producción procesamiento y venta de mitílidos, siempre mediante el desarrollo de tecnologías acordes a la realidad de la industria local, para ello a su vez se necesita activar la sinergia universidades, estado y sector privado que permitan alcanzar este objetivo.

# Normativa aplicada al cultivo de bivalvos en Chile

**Ricardo Norambuena**

*Departamento de Acuicultura, Subsecretaría de Pesca*

*Valparaíso, Chile*

*E-mail: rnorambu@subpesca.cl*

**Norambuena, R.** 2008. Normativa aplicada al cultivo de bivalvos en Chile. En A. Lovatelli, A. Fariñas e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 199–204.

## RESUMEN

Se presenta una revisión de la normativa para la acuicultura y manejo de moluscos bivalvos en Chile.

## ABSTRACT

Normative aspects that guide bivalves culture and stock management in Chile are reviewed.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de la acuicultura chilena ha sido acompañado por una institucionalidad pública que comprende las agencias, las políticas y sus regulaciones. Hace más de una década que Chile cuenta con instituciones estables desde las cuales se han definido y construido las políticas y regulaciones sectoriales y ambientales que rigen al sector. Con la promulgación de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, 1991) y de la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBMA, 1994) se han diseñado y establecido las regulaciones generales y específicas para los distintos tipos de acuicultura que se realizan en el país, como también a nivel sectorial vinculado tanto al acceso a la actividad como a la operaciones, incluyendo aspectos sectoriales, ambientales y sanitarios.

## Regulaciones de acceso a la actividad

El procedimiento asociado a la obtención de una concesión de acuicultura incluye a numerosos organismos públicos y el proceso para otorgarla comienza con un trámite en Capitanía de Puerto del sector a solicitar y posteriormente la presentación de la solicitud mediante un formulario de proyecto técnico, ante el Servicio Nacional de Pesca (Sernapesca). Este último organismo remite el expediente a la Subsecretaría de Pesca (Subpesca), la cual, después de verificar otros requisitos de naturaleza sectorial, debe solicitar al (la) interesado (a) realizar el análisis ambiental, a través del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) o con el envío de información directamente a Subpesca, según corresponda.

Una vez obtenida la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) favorable, Subpesca emite una resolución que aprueba el proyecto técnico y cronograma de actividades, y el expediente es remitido a la Subsecretaría de Marina (Submarina), para que otorgue la concesión, previa toma de razón por parte de la Contraloría General de la República. Finalmente la concesión es entregada materialmente por el Capitán de Puerto respectivo.

De esta forma, cada solicitud debe cumplir con requisitos territoriales (Áreas Autorizadas para el ejercicio de la Acuicultura), sectoriales (proyecto técnico, extensión de superficie, análisis cartográfico y otros), legales (en el caso de personas jurídicas deben tener en su giro la acuicultura) y ambientales (Reglamento Ambiental para la Acuicultura [RAMA] y SEIA).

Todas las solicitudes para realizar actividades de acuicultura ingresan a tramitación mediante un proyecto técnico que es analizado bajo estricto orden de prelación y debe cumplir con las siguientes exigencias:

- a) No sobreponerse con concesiones marítimas otorgadas o en trámite.
- b) Cumplir con las exigencias técnicas referidas a la ubicación del sector de interés bajo un estándar cartográfico regulado (coordenada y plana).
- c) El sector solicitado debe estar dentro de las Áreas Apropiadas para la Acuicultura (AAA) fijadas mediante decreto del Ministerio de Defensa.
- d) La superficie del sector solicitado debe ser proporcional a la superficie o número de estructuras de cultivo que se instalarán. Por ejemplo para los moluscos bivalvos cultivados en longline se exige una relación mínima de 1:50, es decir, 1 línea de cultivo de 100 m de longitud por cada 5 000 m<sup>2</sup>.
- e) El sector solicitado no debe sobreponerse total o parcialmente y cumplir distancia respecto a concesiones de acuicultura otorgadas. En relación a concesiones de salmones las solicitudes de concesión de moluscos bivalvos deben estar al menos a 400 m de distancia y a 200 m de otras concesiones de moluscos bivalvos.
- f) En el sector solicitado no debe existir banco natural de recursos hidrobiológicos o praderas de algas.
- g) El proyecto debe presentarse a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), siempre y cuando el sector solicitado sea igual o superior a 6 hectáreas y/o la producción anual máxima proyectada sea igual o superior a 300 toneladas de moluscos bivalvos, de lo contrario deberá presentar la información del contenido de materia orgánica directamente en Subpesca, toda vez que las concesiones sean de porción de agua y fondo.
- h) Una vez aprobado el proyecto técnico, el expediente es remitido a Subsecretaría de Marina para la obtención de la concesión de acuicultura.
- i) Una vez obtenida la Resolución que otorga la concesión, el (la) titular debe publicar el extracto en el Diario Oficial, pagar la patente única de acuicultura y solicitar la entrega material del sector a la Autoridad Marítima.

### **Regulaciones en la operación de las concesiones de acuicultura**

Los (las) titulares de concesiones de acuicultura deben cumplir con todos y cada uno de los compromisos señalados en el proyecto técnico y cronograma de actividades, así como en la Resolución de Calificación Ambiental que aprobó el mismo.

Son obligaciones en la operación las siguientes:

- a) Operar al menos el 50 por ciento de lo comprometido dentro del primer año (contado desde la entrega material de la concesión por la Autoridad Marítima).
- b) Informar mensualmente al Servicio Nacional de Pesca las actividades realizadas (abastecimiento, cosecha y existencia).
- c) Pagar anualmente la Patente Única de Acuicultura, correspondiente a 2 Unidades Tributarias Mensuales por hectárea.

- d) Entregar anualmente la Información Ambiental Una vez al año, en el período que el cultivo tenga la máxima biomasa, el (la) titular debe registrar e informar sobre las condiciones ambientales de su centro de cultivo.
- e) No debe paralizar operaciones por más de 24 meses consecutivos.
- f) Cada centro de cultivo debe poseer un Plan de Contingencia ante desprendimientos de organismos desde los sistemas de cultivo.
- g) El centro debe operar para el mismo objetivo para el cual se otorgó su permiso.
- h) Para los cultivos de moluscos bivalvos que destinan su producción hacia mercados externos, el titular debe cumplir con un Programa Sanitario de Moluscos Bivalvos (PSMB).

### Otras regulaciones

- Reglamento de plagas, regula el traslado e introducción al ambiente acuático de organismos hidrobiológicos independientemente de su estado de desarrollo, uso, origen o destino; el transporte de elementos o estructuras utilizados para el cultivo o mantención de especies hidrobiológicas; el cultivo e investigación sobre especies hidrobiológicas; y la transformación y proceso de especies hidrobiológicas.
- Abastecimiento de semillas para la producción de bivalvos, las cuales son obtenidas mediante sistemas de colectores que se disponen en sectores aledaños o en el área de influencia de bancos naturales de moluscos bivalvos. Las exigencias para instalar estas estructuras son:
  - a) Que el sector solicitado no se sobreponga a una solicitud o concesión de acuicultura, a una concesión marítima, a un área de manejo o a otro sector otorgado para instalar colectores.
  - b) Una vez obtenida la resolución que autoriza la instalación del colector, el titular debe publicar un extracto en el Diario Oficial.
  - c) Con la Resolución que autoriza la actividad, el (la) titular debe tramitar una concesión marítima de escasa importancia ante la Autoridad Marítima (por plazo definido).

Además, los cultivadores de moluscos bivalvos pueden abastecerse de semillas instalando colectores en sus propias concesiones, captando las larvas generadas por la fracción reproductiva de la población cultivada.

Adicionalmente al régimen tradicional de concesiones de acuicultura, también es posible realizar cultivo de moluscos bivalvos en Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bivalvos, debiendo cumplir con las mismas exigencias realizadas a las solicitudes de concesión de acuicultura. Esta nueva posibilidad de cultivo genera una proyección optimista respecto a la disponibilidad de espacio para enfrentar el futuro crecimiento de esta actividad.

### Institucionalidad pública

Las agencias que actualmente participan en el otorgamiento de autorizaciones y permisos son:

Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, agencia descentralizada, dependiente del Ministerio de Defensa Nacional y encargada de la administración del borde costero.

Servicio Nacional de Pesca, agencia descentralizada, dependiente del Ministerio de Economía y encargada del monitoreo, control y vigilancia (fiscalización) de las actividades de acuicultura.

Subsecretaría de Pesca, agencia centralizada, dependiente del Ministerio de Economía y encargada de establecer las políticas y regulaciones asociadas aplicadas a la acuicultura.

Comisión Nacional del Medio Ambiente, agencia descentralizada, dependiente del Ministerio Secretaría General de la Presidencia y encargada de la coordinación del Sistema de Evaluación Ambiental.

Comisión Regional del Medio Ambiente, organismo descentralizado a nivel regional, multi-institucional y encargada de aprobar o rechazar las Declaraciones de Impacto Ambiental de proyectos productivos.

Subsecretaría de Marina, agencia centralizada y encargada del otorgamiento de las concesiones de acuicultura.

Contraloría General de la República, agencia descentralizada, pero que analiza y evalúa a nivel central, la legitimidad de todo el proceso de otorgamiento de una concesión de acuicultura.

Los desafíos de la futura institucionalidad estarán asociados a:

- Desconcentración y descentralización de procesos y decisiones.
- Simplificación de procedimientos para cumplimiento de exigencias en el acceso y en la operación que signifiquen menos tiempo y menores costos que los actuales, especialmente para las escalas de producción correspondientes a la acuicultura de pequeña escala.
- Establecer sistemas de certificación integrada y costos eficientes tanto para el sector privado como público.

### **Regulaciones de acceso**

#### *Sectoriales*

- Reglamento del Procedimiento para la Importación de Especies Hidrobiológicas (D.S. [MINECON] N° 96/1996).
- Reglamento del Registro Nacional de Acuicultura (D.S. [MINECON] N° 499/1994).
- Fija Nómina de especies hidrobiológicas vivas de importación autorizada (R.EX. [Subpesca] N° 2800/2007).
- Reglamento para la Instalación de Colectores (D.S. [MINECON] N° 297/2005).
- Reglamento de Internación de Especies de Primera Importación (D.S. [MINECON] N° 730/1995).
- Reglamento sobre Limitación de áreas de las Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura (D.S. [MINECON] N° 550/1992).
- Reglamento de Concesiones y Autorizaciones de Acuicultura (D.S. [MINECON] N° 290/1993).
- Reglamento de Actividades de Acuicultura en Áreas de Manejo (D.S. [MINECON] N° 314/2004).

#### *Ambientales*

- Reglamento Ambiental para la Acuicultura (D.S. [MINECON] N° 320/2001).
- Establece contenidos y metodologías para elaborar la caracterización preliminar de sitio y la información ambiental (R.EX. [Subpesca] N° 3411/2006).

#### *Sanitarias y sobre plagas*

- Reglamento de Medidas de Protección, Control y Erradicación Enfermedades de alto riesgo para especies (D.S. [MINECON] N° 319/2001).
- Reglamento sobre Plagas Hidrobiológicas (D.S. [MINECON] N° 345/2005).
- Reglamento de Certificación y Otros Requisitos Sanitarios Exigibles para la Importación de Especies Hidrobiológicas (D.S. [MINECON] N° 626/2001).

- Fija condiciones específicas de la certificación complementaria para la importación de especies hidrobiológicas (R.EX [Subpesca] N° 2286/2003).
- Establece Clasificación de Enfermedades de Alto Riesgo (R.EX. [Subpesca] N° 2572/2007).
- Programas Sanitarios Generales para Moluscos (Resoluciones Sernapesca).
- Programas Sanitarios Específicos para Moluscos (Resoluciones Sernapesca).

### **Regulaciones de operación**

- Reglamento de Procedimiento para la Entrega de Información de Actividades Pesqueras y Acuicultura (D.S. [MINECON] N° 464/1995).

### **Regulaciones mixtas**

- Ley General de Pesca y Acuicultura (D.S. [MINECON] N° 430/1991).

Los moluscos bivalvos, gasterópodos, tunicados y equinodermos, constituyen un grupo de recursos considerados de riesgo para la salud pública, debido a su capacidad para acumular toxinas marinas ante la presencia de un fenómeno de marea roja.

Por lo anterior, Sernapesca ha implementado una serie de procedimientos y programas tendientes al control sanitario de este tipo de productos, como es el caso del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos que considera el monitoreo de las áreas de extracción y/o el análisis de toxinas marinas en productos elaborados, previo a la exportación.

En el marco del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos, se ha elaborado un Listado de áreas de Extracción, en el cual se identifican las diferentes zonas de producción ya sean bancos naturales o centros de cultivo desde los cuales se puede extraer para exportar a mercados regulados.

### **Programa de sanidad de moluscos bivalvos**

El Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos, fue diseñado por Sernapesca para dar cumplimiento a los requisitos establecidos por los Estados Unidos de América, la Unión Europea y Singapur y consiste básicamente en la clasificación y monitoreo de las zonas de producción de los moluscos bivalvos y otros recursos susceptibles de ser afectados por toxinas marinas.

Actualmente, el programa se estructura por mercado de acuerdo a lo siguiente:

#### a) Estados Unidos de América

El programa para los Estados Unidos de América tiene como objetivo cumplir con los requisitos establecidos por el Food and Drug Administration (FDA) para la importación a ese país de moluscos bivalvos vivos o crudos. Sernapesca cuenta con el reconocimiento del FDA como Autoridad Competente para hacer cumplir sus requisitos en esta materia.

Toda persona interesada en participar de este programa, mediante la incorporación de una zona de producción de moluscos bivalvos debe proceder según lo indica el manual de procedimientos SMB/MP1 a fin de realizar la clasificación y posterior monitoreo de la zona. Los requisitos técnicos utilizados para la realización de la clasificación y monitoreo se encuentran en la norma SBM/NT1.

Como requisito adicional, el FDA establece que el establecimiento elaborador debe también cumplir con ciertas condiciones específicas, como por ejemplo contar con un programa de aseguramiento de calidad, el cual debe considerar determinados PCC.

Todos los antecedentes relativos a la habilitación de establecimientos pesqueros para exportar moluscos bivalvos vivos a Estados Unidos de América se encuentran en los documentos HPB/MP4 y HPB/NT4.

b) Unión Europea

La Autoridad sanitaria europea ha establecido en su Reglamento CE N° 854/2002, ciertos requisitos específicos para la importación de moluscos bivalvos, gasterópodos, tunicados y equinodermos en cualquier presentación, es decir, vivos, congelados, en conserva, secos, etc.

Cabe señalar que actualmente Chile sólo cuenta con autorización para exportar estos productos transformados, por lo que la exportación en estado vivo está prohibida.

El detalle de estos requisitos se encuentra disponible en los documentos SMB/MP2 y SMB/NT2.

De manera adicional los establecimientos pesqueros deben cumplir con algunos requisitos de infraestructura y manejo sanitario, los cuales están contenidos en los documentos HPB/MP1, HPB/MP3, HPB/NT1 y HPB/NT3.

Todas las zonas de producción que se encuentran participando del Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos, ya sea para los Estados Unidos de América, Unión Europea o Singapur, han sido incorporadas al Listado de Áreas de Extracción del PSMB.

La calidad sanitaria de estas zonas es monitoreada frecuentemente de acuerdo a los requisitos que establecen los documentos arriba señalados y en caso de verse afectadas por algún evento de contaminación (microbiológico, químico o de toxinas) deben poner en aplicación en forma inmediata un plan de contingencia para evaluar este evento.

El documento SMB/NT3, detalla claramente las medidas que se deben tomar ante la detección de uno de estos eventos (Fuente: [www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl) Programa de Sanidad).

# Legal aspects and governmental actions for the development of mollusc farming in Brazil

**Felipe M. Suplicy**

*Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca  
Brasilia, Brazil  
E-mail: fsuplicy@seap.gov.br*

**Suplicy, F.M.** 2008. Legal aspects and governmental actions for the development of mollusc farming in Brazil. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 205–208.

## RESUMEN

En 2006 la producción acuícola de moluscos bivalvos en Brasil ascendió a unas 17 000 toneladas con el mejillón de roca sudamericano, *Perna perna*, en la parte superior de la lista (13 000 toneladas), seguida del ostión japonés, *Crassostrea gigas* (3 500 toneladas). El cultivo de vieiras (*Nodipetcen nodosus*) es una actividad bastante reciente. Las principales limitaciones de la industria son la dificultad para acceder a los recursos naturales, la falta de controles sanitarios, las técnicas de cultivo, los escasos servicios de extensión y un conocimiento limitado de especies nativas con potencial acuícola. En la actualidad 77 municipios de 11 comarcas están estudiando planes locales de desarrollo para el cultivo sostenible de los bivalvos. En 2005 el gobierno federal creó el Comité Nacional sobre el Control Sanitario de los Moluscos Bivalvos para mejorar el consumo de bivalvos y su exportación.

## ABSTRACT

In 2006 mollusc aquaculture production in Brazil amounted to about 17 000 tonnes with the brown mussel, *Perna perna*, on top of the list (13 000 tonnes) followed by the Japanese oyster, *Crassostrea gigas* (3 500 tonnes). Scallop farming (*Nodipetcen nodosus*) is a fairly recent activity. The main constraints of the industry include the difficulty to access natural resources, lack of sanitary controls, old farming technologies, poor extension services and limited knowledge of native species with farming potential. At present 77 municipalities in 11 states are developing local mariculture development plans to address sustainable development of bivalve culture. In 2005 the federal government created the National Committee on Bivalve Molluscs Sanitary Control to enhance local bivalve consumption and export.

## INTRODUCTION

Mollusc aquaculture was introduced in Brazil in the 60's however only after 1989 did this activity develop as an important economic alternative to small-scale fishermen.

TABLE 1  
Production estimates from bivalve aquaculture in Brazil

Common name	Scientific name	Volume (tonnes)
Mussel	<i>Perna perna</i>	13 000
Native oyster	<i>Crassostrea brasiliensis</i> or <i>C. rhizophorae</i>	200
Pacific oyster	<i>Crassostrea gigas</i>	3 500
Scallop	<i>Nodipecten nodosus</i>	23

At present, there are no large companies in this sector and bivalve farming is usually conducted by artisanal farmers organized in associations and cooperatives. The State of Santa Catarina in southern Brazil is responsible for 93 percent of Brazilian bivalve mollusc production (Table 1). Other areas with limited mussel production are located on the Southeast coast.

Mollusc aquaculture in Brazil is mainly represented by brown mussels (*Perna perna*), followed by Japanese oysters (*Crassostrea gigas*), produced in the South region, and the native oysters (*Crassostrea brasiliensis* and *Crassostrea rhizophorae*) produced in small quantities in almost all maritime state of the country. Scallop farming (*Nodipecten nodosus*) is a fairly recent activity restricted to Rio de Janeiro and Santa Catarina.

The main constraints of the industry include: difficult access to natural resources, lack of sanitary control of growing waters and farm products, labour intensive farming technologies, lack of proper farming equipment and supplies in the market, no insurance services, poor statistics services, poor extension services, and limited knowledge of native species with farming potential.

The Brazilian bivalve aquaculture sector is undergoing a strategic planning process in Brazil, which covers integrated coastal management, surveillance and control of farming areas and products, modernization and consolidation of existing productive chains, adoption of new technologies, and demonstration of farming activities in traditional coastal communities in the northeast region.

### ACCESS TO NATURAL RESOURCES

Although there are approximately 1 200 bivalve producers along the Brazilian coast, none of them have succeeded in obtaining a lease permit for marine farming. Between 1999 and 2005, the federal government published five successive normative instructions for lease permits in public waters in an attempt to overcome the difficulties brought about by conflicts between previous land tenure and environmental license regulations and the mandate of the multiple institutions involved in the permit process.

In 2005, the federal government published Normative Instruction N° 17 which established the Local Mariculture Development Plans (*Planos Locais de Desenvolvimento da Maricultura – PLDM*). The PLDM's were based on guidelines of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) for the planning and management of sustainable coastal aquaculture. Their objective is to address cumulative and additive impacts of bivalve mariculture, facilitate all administrative processes to small-scale farmers, and guarantee their social inclusion and permanence of traditional communities in their original land.

The PLDM includes a comprehensive survey of local regulations which may affect mariculture development, identification of protected areas, and others users of the coastal resources such as tourism, navigation and fishing activities. This information is then slotted into thematic charts using Geographic Information Systems (GIS), ranking parameters which allow the identification of suitable areas for mariculture. Once prepared, draft versions of the PLDMs are discussed with the relevant government authorities and local communities in public hearings. The PLDM final version contains any modifications based on recommendations and agreements made during these meetings. The PLDM is now under development in 51 municipalities in six states; 14

municipalities in the state of Santa Catarina are already in the consultation phase while additional plans will shortly be initiated in the northeast region.

One remarkable advance on this planning approach is that the government assumes the responsibilities and costs associated with the studies normally requested by the national environmental agencies, changing a pattern that was hindering small-scale farmer's access to public waters due to their limited instruction and impossibility to cover the costs of the studies required.

### SANITARY CONTROL

One of the major constraints of the development of bivalve aquaculture in Brazil is the lack of control of harvesting areas and the lack of traceability of the products. There are thousands of people in coastal communities who depend on clam and oyster pickings. The product is cooked and handled in unsuitable conditions, generally leading to severe risks for consumers. Notwithstanding such they are transported and sold in the capital cities and found in seafood restaurants.

To enhance food security of bivalve consumption in Brazil, improve consumer confidence and enable access to international markets, the federal government created, in 2005, the National Committee of Bivalve Molluscs Sanitary Control. The Committee brings together the authorities responsible for quality control of bivalves from the harvesting areas, processing/depuration plants, and throughout the distribution chain. The Committee has conducted national workshops with representations from state government agencies in order to elaborate the National Shellfish Sanitation Programme (NSSP).

A government-supported traceability software is also under development and will be eventually accessible through the Web. The traceability system is considered as vital for proper management of the NSSP. Not only will it allow the tracking of mollusc batches but will serve as a communication channel between consumers and the authorities in order to guide epidemiology services and risk control measures. The programme will also allow the zoning of areas with occurrence of bivalve diseases and the control of mollusc transport between different zones and water bodies.

The Brazilian NSSP will take both the United States of America and the European Union requirements into consideration to set the minimum quality standards for both seawater and bivalve meat. Whilst the programme is being finalized, negotiations between the federal government and state authorities are underway to guarantee the required resources.

### SEED SUPPLY

In the past mussel seeds were mainly obtained from natural beds and their limited recovery capacity was a major developmental constraint to the industry. The dependence on natural banks has reduced dramatically the production of this species in the main producing region, i.e. Santa Catarina. However, after extensive research projects, the seasons and best sites to collect wild seeds using artificial collectors have been identified. Currently the majority of mussel seed are obtained from such collectors.

There are only two bivalve hatcheries in the country. The main one is the Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) based at the Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), located at Florianópolis (Santa Catarina). This facility currently is the only one that provides Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) seeds in Brazil and its annual production capacity is 30 million seeds, which are mainly supplied to farmers in the state of Santa Catarina although some smaller quantities are sold to other states. Besides the Pacific oyster, the LMM also produces larvae and seed of the South American rock mussel (*Perna perna*), two native oysters (*Crassostrea brasiliiana* and *Crassostrea rhizophorae*), the *Nodipetena nodosus* scallop, the winged oyster (*Pteria hirundo*) and the angel wing (*Cyrtopleura costata*) on an experimental scale.

The second hatchery is the Instituto de Ecodesenvolvimento da Baía de Ilha Grande (IED-BIG), located in Angra dos Reis, Rio de Janeiro. The IED-BIG produces mainly scallop (*Nodipetcen nodosus*) seed. Their current annual production capacity is 12 million seeds which are mainly sold to the local farmers.

A third hatchery is about to start production of the native oysters (*Crassostrea brasiliiana* and *Crassostrea rhizophorae*) in the state of Rio Grande do Norte. This regional supply is anxiously awaited by a number of farmers who depend on the collection of natural spats in mangrove areas. The transport of native oyster produced in the LMM hatchery to the northeast region has been criticized by shrimp farmers who fear that the oyster seeds may act as carriers of the white spot virus currently present in numerous shrimp farms in the state of Santa Catarina.

### **NEW FARMING TECHNOLOGIES**

A series of international bilateral cooperation schemes are currently underway to promote the transfer of new farming technologies into Brazil. Following a trade mission to New Zealand in 2004, an intense exchange programme for students, farmers, companies and technicians commenced between the two countries. As a result mussel farming equipment was imported and two mussel demonstration farms installed to train farmers and students in the continuous mussel farming system used in New Zealand.

Another bilateral cooperation programme with Canada is about to commence in order to transfer clam farming technology in the northeast region of the country. Although there are thousands of people who live from clam picking in many states, none of the species in this bivalve group are currently farmed in Brazil. This cooperation will be supported by the Canadian International Development Agency (CIDA) and it expected to have a strong synergy with the ongoing FAO/Unilateral Trust Fund on coastal communities' development. The total sum of these two projects is USD 8 million, although the UTF also encompasses seaweed farming and co-management of coastal resources.

### **RESEARCH**

The most important ongoing research on bivalves in Brazil is the work carried out by a network of ten institutions to: 1) plot the natural occurrence of native oysters (*C. brasiliiana* and *C. rhizophorae*); 2) conduct selective breeding of *C. brasiliiana*; and 3) study the growth performances of selected families in different regions of the country. This research will hopefully assist farmers in the near future to distinguish between the two oyster species particularly as *C. brasiliiana* seems to growth much faster than the mangrove cupped oyster (*C. rhizophorae*). This research programme is expected to deliver selected oyster broodstock to the existing hatcheries located in different regions of Brazil.

# Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y repoblamiento

**Paola Cavero Cerrato**

*Dirección General de Acuicultura*

*Lima, Perú*

*E-mail: pcavero@produce.gob.pe*

**Pilar Rodríguez Pinto**

*Dirección General de Acuicultura*

*Lima, Perú*

**Cavero Cerrato, P. y Rodríguez Pinto, P.** 2008. Producción sostenida de moluscos bivalvos en el Perú: acuicultura y redoblamiento. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 209–218.

## RESUMEN

Se presenta una revisión de la acuicultura de moluscos bivalvos en el Perú, desde los aspectos normativos que rigen la actividad, y como el fenómeno El Niño favorece su cultivo, finalizando con alternativas al manejo sostenible de los bancos naturales de la principal especie en cultivo *Argopecten purpuratus*, a través de la implementación de actividades de poblamiento o repoblamiento a cargo de organizaciones sociales de pescadores artesanales.

## ABSTRACT

In this document, a review of the Peruvian bivalve aquaculture is presented. It commences with the normative aspects that rule this activity and subsequently discusses why the “El Niño” event favours this industry. The document further proposes management options for the main cultured bivalve species in Peru, the Peruvian calico scallop (*Argopecten purpuratus*). The management of its natural banks is done through the implementation of stocking and re-stocking activities by social organizations of artisanal fishermen.

## INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con un gran potencial geopolítico basado en sus contrastes geográficos que lo ubican y caracterizan como un país marítimo, andino, amazónico, bioceánico, y con presencia en la cuenca del Pacífico y en la Antártida, las cuales encierran un potencial de toda naturaleza, que la habilidad y creatividad del hombre peruano han sido históricamente capaces de explotar para garantizar su propio bienestar y seguridad.

El Estado Peruano en el marco de sus 31 políticas, tiene como objetivo fundamental la búsqueda de la competitividad, la productividad y el desarrollo sostenible de la

actividad económica, además de incidir en la promoción de la seguridad alimentaria y la nutrición de la población. En este contexto, ha establecido a través de normas legales, tales como la Ley N° 27460 Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura y su Reglamento, aprobado por Decreto Supremo N° 030-2001-PE, la regulación y promoción de la actividad acuícola que comprende el cultivo de especies hidrobiológicas en forma organizada y tecnificada, en medios o ambientes seleccionados, controlados, naturales, acondicionados o artificiales, como fuente de alimentación, empleo e ingresos, optimizando los beneficios económicos en armonía con la preservación del ambiente y la conservación de la biodiversidad.

Finalmente, el Ministerio de la Producción, como entidad gubernamental peruana, es el ente rector a nivel nacional de la actividad acuícola que promueve, norma y controla el desarrollo de la actividad en coordinación con los organismos competentes del Estado, conforme al ordenamiento acuícola, que es el conjunto de normas y acciones que permiten administrar la actividad en base al conocimiento actualizado de sus componentes biológicos, económico, ambientales y sociales.

### **PRINCIPIOS GENERALES DEL ORDENAMIENTO ACUÍCOLA**

Las normas que regulan el desarrollo de la actividad acuícola se emiten en armonía con la conservación del medio ambiente y la biodiversidad. El Estado Peruano protege la conservación de los bancos naturales, para lo cual aplica políticas de gestión ambiental que garanticen su preservación. Con éste propósito el Ministerio de la Producción establece Comités de Gestión Ambiental encargados de proponer los programas de gestión integral. El Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura, establece las condiciones del aprovechamiento responsable de los recursos de los bancos naturales para las actividades artesanales y de acuicultura.

Asimismo, para el desarrollo de la acuicultura en terrenos de dominio público, fondos o aguas marinas y continentales, el Ministerio de la Producción otorga concesiones. Para el desarrollo de la acuicultura en terrenos de propiedad privada en tanto, y para actividades de investigación, poblamiento y repoblamiento, se otorgan autorizaciones.

Los titulares de las concesiones y autorizaciones son propietarios de los recursos hidrobiológicos que cultivan, en cualquiera de los estadios en que éstos se encuentran. Los beneficiarios de una concesión no deben interferir con las actividades tradicionales que se desarrollan en el recurso hídrico, ni afectar los derechos adquiridos por terceros fuera del área donde se desarrolla su actividad.

El Estado prioriza la investigación orientada al desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías de cultivo o al perfeccionamiento de las existentes, las que pueden ser realizadas por personas naturales o jurídicas. El Ministerio de la Producción promueve la instalación de centros de producción de semilla y mejoramiento de genético a cargo de organismos públicos descentralizados, universidades y otras organizaciones y empresas públicas o privadas.

### **El ente normativo**

La Dirección General de Acuicultura (DGA), es el órgano técnico, normativo y promotor encargado de proponer, ejecutar y supervisar en el ámbito nacional y macroregional los objetivos, políticas y estrategias del subsector pesquería relativas a las actividades de acuicultura, velando por el aprovechamiento sostenible de los recursos hidrobiológicos y la protección del ambiente. Depende del Despacho Viceministerial de Pesquería, del Ministerio de la Producción (PRODUCE), y se constituye en el organismo gubernamental promotor de la acuicultura peruana, contribuyendo significativamente a mejorar las condiciones de seguridad alimentaria y al desarrollo socioeconómico del país, masificando las actividades acuícolas sostenibles en zonas rurales y, facilitando las inversiones privadas en proyectos de acuicultura de mayor escala orientándolas hacia el aprovechamiento responsable de los recursos hidrobiológicos y del medio acuático.

### **La selección de áreas para la actividad**

El Ministerio de la Producción elabora los estudios técnicos para la determinación de áreas apropiadas para el desarrollo de la actividad acuícola, para cuyo efecto puede convocar a instituciones públicas o privadas. Asimismo dichas áreas deben contar con la habilitación administrativa de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas (DICAPI) del Ministerio de Defensa, a favor del Ministerio de la Producción, previamente a su otorgamiento en concesión para el desarrollo de actividades de acuicultura. Posteriormente a su otorgamiento, deben contar con la concesión de uso de área acuática por parte de la DICAPI y con la calificación sanitaria del sector regulada por la Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos Vivos (D.S N° 07-2004-PRODUCE), a cargo del Servicio Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) del Instituto Pesquero de Perú (ITP).

### **El acceso a la actividad**

En el ámbito marino, el acceso a la actividad está regido principalmente, por el otorgamiento de la concesión por el Ministerio de la Producción, sobre áreas previamente habilitadas. La habilitación se efectúa tomando en cuenta que las áreas seleccionadas con fines acuícola no deben interferir con otras actividades tradicionales que se desarrollen en la zona. Con el fin de determinar la eficiencia y óptimo manejo de las áreas autorizadas, así como el cumplimiento de las obligaciones que se establezcan en el Convenio de Conservación, Inversión y Producción Acuícola, las concesiones otorgadas para desarrollar la actividad en zonas de dominio público, sin perjuicio de seguimiento y control que realiza el Ministerio de la Producción, son objeto de por lo menos una evaluación anual. Las autorizaciones otorgadas para desarrollar la actividad en terrenos de propiedad privada son asimismo, objeto de seguimiento y control a efectos de verificar el cumplimiento de las disposiciones sanitarias y ambientales, la implementación de los compromisos asumidos en los estudios ambientales y el cumplimiento de las condiciones establecidas en la resolución autoritativa.

En las áreas marinas calificadas como áreas naturales protegidas no declaradas intangibles, se puede otorgar concesiones especiales para el desarrollo actividades de maricultura, que incluya las fases de captación de larvas planctónicas, re-cría, engorde y cosecha; así como autorizaciones para la investigación, poblamiento o repoblamiento.

### **El catastro acuícola**

Por otro lado, y en el marco de acción del Estado para el desarrollo de una sociedad de información, el PRODUCE con una participación interinstitucional, actualiza permanentemente el Catastro Acuícola Nacional, en base a las áreas que han sido habilitadas de oficio o a solicitud de parte. Dicho Catastro se publica vía Internet a través de la página Web del Ministerio de la Producción ([http://www.produce.gob.pe/mipe/catastro/map\\_peru.php](http://www.produce.gob.pe/mipe/catastro/map_peru.php)), a fin de dar a conocer la información relacionada con la ubicación geográfica y disponibilidad de las áreas consideradas apropiadas para el desarrollo de la actividad de acuicultura y vías de acceso, así como la información necesaria que permita promover la inversión privada.

### **Beneficios tributarios de la actividad**

En la citada Ley y su Reglamento, se señala el otorgamiento de incentivos tributarios tales como el pago del 15 por ciento del impuesto a la renta; también están exoneradas del pago por derecho a trámite las asociaciones de pescadores artesanales y comunidades campesinas debidamente registradas entre otros; de igual modo las personas naturales y jurídicas comprendidas en los alcances de la Ley N° 27460, que se encuentren en la etapa preproductiva de sus inversiones, podrán recuperar anticipadamente el Impuesto General a las Ventas (IGV), pagado por la adquisición de bienes de capital, insumos, servicios y contratos de construcción.

En relación a la suspensión del pago de derechos de acuicultura: el artículo 2º de la Ley N° 28326 que modifica la Ley N° 27460, Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura, suspende el pago de derecho de acuicultura a que se refiere el artículo 19 de la indicada Ley, hasta el 31 de diciembre de 2010.

Por otro lado, los inversionistas en acuicultura en el país, y las empresas receptoras de dichas inversiones, pueden acogerse al régimen de estabilidad jurídica previsto en los Decretos Legislativos N° 662 y 757. Finalmente la contratación laboral entre empleador y empleados de la actividad de acuicultura, se rige por: seguro de salud y régimen previsional.

## **CULTIVO DE MOLUSCOS BIVALVOS**

### **Ordenamiento para el cultivo**

La acuicultura de moluscos bivalvos en el Perú es definida como el conjunto de actividades tecnológicas orientadas al cultivo o crianza de bivalvos que abarca su ciclo biológico completo o parcial y se realiza en un medio seleccionado y controlado, en ambientes hídricos naturales o artificiales. Se incluyen también, las actividades de poblamiento o siembra y repoblamiento o resiembra, así como las actividades de investigación y el procesamiento primario de los productos provenientes de dicha actividad.

Las actividades de cultivo o crianza, son definidas como el proceso en el cual se realiza la producción de especies hidrobiológicas en ambientes naturales o artificiales debidamente seleccionados y acondicionados y, la actividad de poblamiento o repoblamiento, que considera la siembra o resiembra de especies hidrobiológicas en ambientes marinos o continentales, con o sin acondicionamiento del medio, con semilla del medio natural o procedente de centros de producción de semilla.

De acuerdo a la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura, su Reglamento y el Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) del Ministerio de la Producción, aprobado por el Decreto Supremo N° 035-20023-PRODUCE, específicamente en los numerales 37 al 52, los derechos de acuicultura se otorgan a nivel de subsistencia (menos de 2 toneladas de producción al año), menor escala (entre 2 y 50 toneladas de producción al año) y mayor escala (mayor de 50 toneladas de producción al año), los centros de producción de semilla y alevinos se encuentran dentro de las actividades a menor escala; los derechos otorgados tienen una vigencia de 10 años para el caso de actividades de subsistencia, 15 años para actividades de menor escala y 30 años para las actividades a mayor escala.

Otra modalidad de acceso que se encuentra en proceso (Decreto Supremo N° 014-2007-PRODUCE), en base a las áreas disponibles en el Catastro Acuícola Nacional, son los concursos o licitaciones públicas, las cuales se deben efectuar en base a la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica, sustentadas en los principios de moralidad, imparcialidad, eficiencia, transparencia, economía, vigencia tecnológica y trato justo e igualitario a los postores.

Las acciones de poblamiento o repoblamiento con fines de aprovechamiento responsable de las poblaciones de bancos naturales de moluscos, es la modalidad de acceso que el Estado viene propiciado para el beneficio de organizaciones sociales de pescadores artesanales debidamente reconocidas por el Ministerio de la Producción, quienes si tienen derecho sobre el recurso repoblado y en donde a través de las Resoluciones Ministeriales N° 102 y 204-2006-PRODUCE, se han establecido normas técnicas para establecer las pautas de un manejo integral y sostenido de ésta actividad, conciliando el normal desarrollo de las actividades productivas inherentes al medio acuático, mediante un manejo técnico-científico y, propiciando la recuperación del recurso, la creación de puestos de trabajo y la elevación del nivel socioeconómico de los pescadores artesanales.

Dichas normas contemplan la realización de los Estudios de línea base (ELBA), los Planes de manejo de recurso bentónicos (PMER) y los estudios socioeconómicos los que incluyen, fines y objetivos a alcanzar, zona a poblar o repoblar, volúmenes de siembra, acciones de seguimiento y periodo previsto de cosecha.

Cabe mencionar, que en el proceso de Descentralización que viene ejecutando el Estado éstas autorizaciones de poblamiento o repoblamiento son monitoreadas por los Comités de Gestión Ambiental de cada región a nivel nacional.

### **La obtención de semilla**

Las normas legales señalan que, la obtención de semillas o reproductores destinados a la acuicultura de moluscos bivalvos, puede efectuarse desde el ambiente natural o desde los centros de producción de semilla, requiriéndose para el primer caso la autorización correspondiente o concesión para la instalación de colectores, otorgada por el Ministerio de la Producción, previa conformidad técnica del sector o de la documentación que acredite haberlos adquirido de un centro de producción de semilla, en el segundo caso.

Para el caso del traslado de semillas moluscos con fines de acuicultura de un área geográfica a otra distinta a la de origen, requiere de un certificado de procedencia, otorgado por la Dirección General de Acuicultura o Dirección Regional de la Producción correspondiente, en la que se señale la cantidad obtenida de la cosecha procedente de los sistemas de captación.

La exportación de semilla y reproductores de especies hidrobiológicas provenientes de la acuicultura, se efectúa previa autorización otorgada por el Ministerio de la Producción.

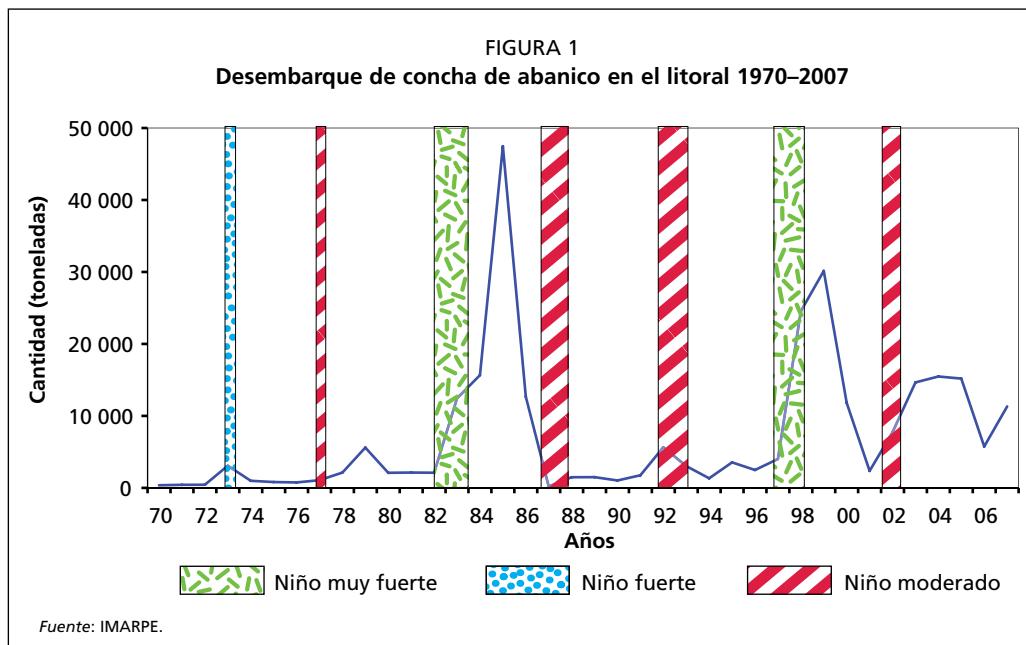
### **Cultivo de la concha de abanico**

La acuicultura de moluscos bivalvos en el Perú está sustentada en el cultivo de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*). Este molusco posee una amplia distribución en el Pacífico Sudeste, desde Paita (Perú) hasta Coquimbo, Chile (Alamo y Valdivieso, 1997), habitando en la franja infralitoral sobre sustratos arenosos, arenofangosos y de conchuela hasta una profundidad de 40 m. Esta especie es de gran importancia económica en la costa peruana, por su alta demanda y excelente precio en el mercado internacional (Francia, Holanda y Estados Unidos de América) cuyas producciones son destinadas principalmente a la exportación.

La extracción de la concha de abanico en los bancos naturales ha experimentando fluctuaciones anuales en función a los cambios ambientales producidos. A pesar de que no se tiene evidencia de que el incremento de los desembarques de esta especie durante las décadas de los sesenta y setenta fue producto de un aumento en la magnitud del stock de concha de abanico, los diferentes estudios efectuados por el Instituto del Mar del Perú – IMARPE (Samamé *et al.*, 1985a; 1985b; 1986; Mendo *et al.*, 1987; Benites *et al.*, 1985; Rubio *et al.*, 1987, 1997, 1998, 2000, 2001) sugieren que estos incrementos se deben principalmente al aumento de la población en condiciones favorables para esta especie durante los años El Niño, considerando su origen tropical.

Entre los efectos positivos de los eventos El Niño sobre la concha de abanico se mencionan mayores tasas de crecimiento y fecundidad, baja mortalidad natural en sus diferentes estadios aínomórficos, menor competencia y predación (Wolff, 1985), por disminución y/o mortalidad de predadores y competidores (Arntz, 1986).

En el año 1984 se iniciaron evaluaciones poblacionales de la concha de abanico en la Bahía de Independencia ubicada en la provincia de Pisco, departamento de Ica (Mejía *et al.*, 1985), la misma que fue extendida a otros bancos naturales a lo largo del litoral del país, cuyos resultados contribuyen actualmente al manejo pesquero y acuícola de este recurso. Si bien el inicio de la acuicultura de conchas de abanico se remonta a la década de los setenta como parte de programas experimentales, fue recién en los años



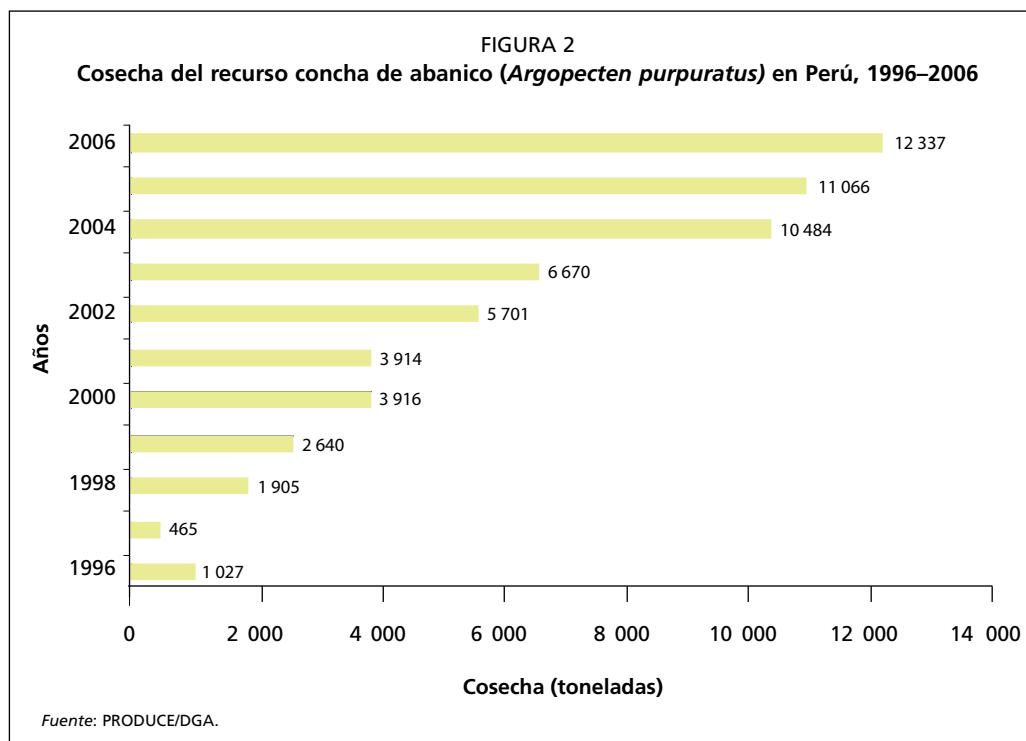
ochenta, cuando adquirió un enorme interés. La presencia del fenómeno de El Niño en 1982–1983, incrementó masivamente la población de conchas de abanico, situación que conllevó a la rápida explotación del recurso con fines comerciales (principalmente para el mercado externo), empero este boom fue diluyéndose con el paso de los efectos de dicho fenómeno, como se aprecia en la Figura 1. Fue a partir de entonces que surgió la necesidad de mantener una producción de conchas de abanico sostenida, cuya disponibilidad (en abundancia) no dependiera de situaciones coyunturales en su medio natural. De esta forma se propició el desarrollo de cultivos en el mar como alternativa para la explotación permanente y racional de la especie. Esta actividad comenzó con corrales en el fondo del mar los que fueron reemplazados por el sistema de cultivo suspendido en Long Line. Este ultimo consiste en una línea sumergida principal de la cual se suspenden los sistemas de cultivo, ya sean estos Pearl Nets o linternas de malla netlon. El Long Line es mantenido a flote mediante boyas y asegurado en el fondo del mar, mediante pesos de concreto. La densidad de siembra de la semilla varía por localidad y condiciones físico-químicas de la columna de agua, realizándose un proceso de desdoble de acuerdo al crecimiento obtenido en el transcurso del cultivo.

En el año 2006 la producción acuícola nacional fue de 28 387 toneladas, correspondiendo 12 337 toneladas a la producción de concha de abanico (43.46 por ciento) (Figura 2). A la fecha se encuentran 34 147 hectáreas habilitadas para el desarrollo de las actividades de acuicultura marina a lo largo del litoral, habiéndose otorgado sólo 14 121 hectáreas, principalmente para el cultivo de concha de abanico. Hoy en día quedan por tanto, 20 026 hectáreas disponibles, las que se localizan en las Regiones de Tumbes, Piura, La Libertad, Lima e Ica,

## A. PROBLEMAS DEL CULTIVO

### La problemática del cultivo de la concha de abanico en el Perú se resume en:

- Escasa disponibilidad de semillas.
- Falta de especialización de laboratorios para la sanidad acuícola.
- Falta completar la evaluación de la aptitud acuícola en zonas costeras.
- Falta de asociatividad para la competitividad en el mercado.
- Falta de la diversificación de especies de la actividad.



## B. REQUERIMIENTOS DE LA ACTIVIDAD

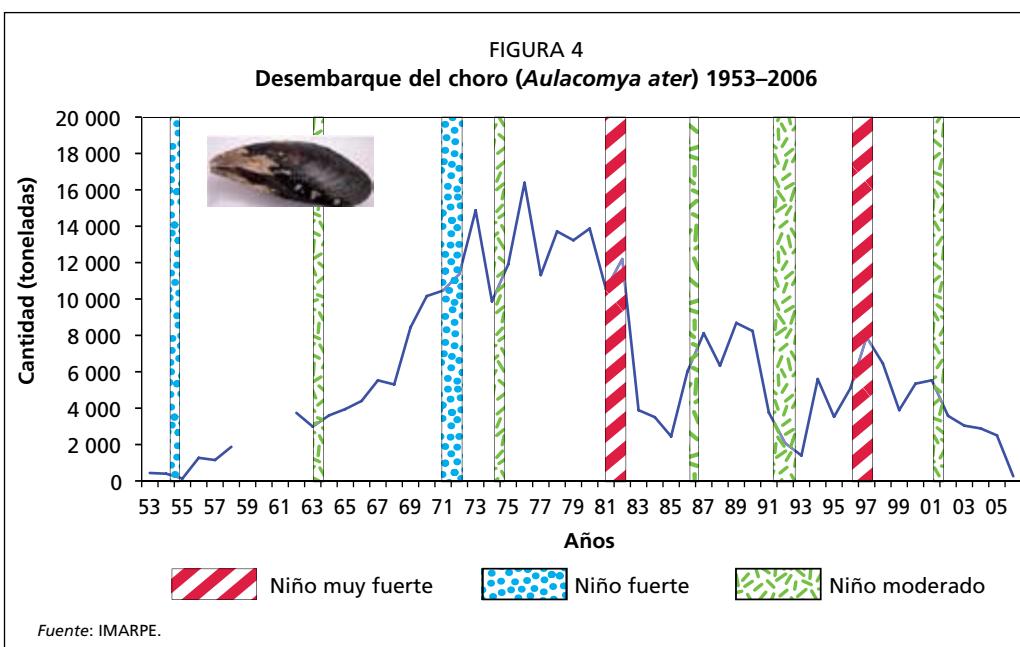
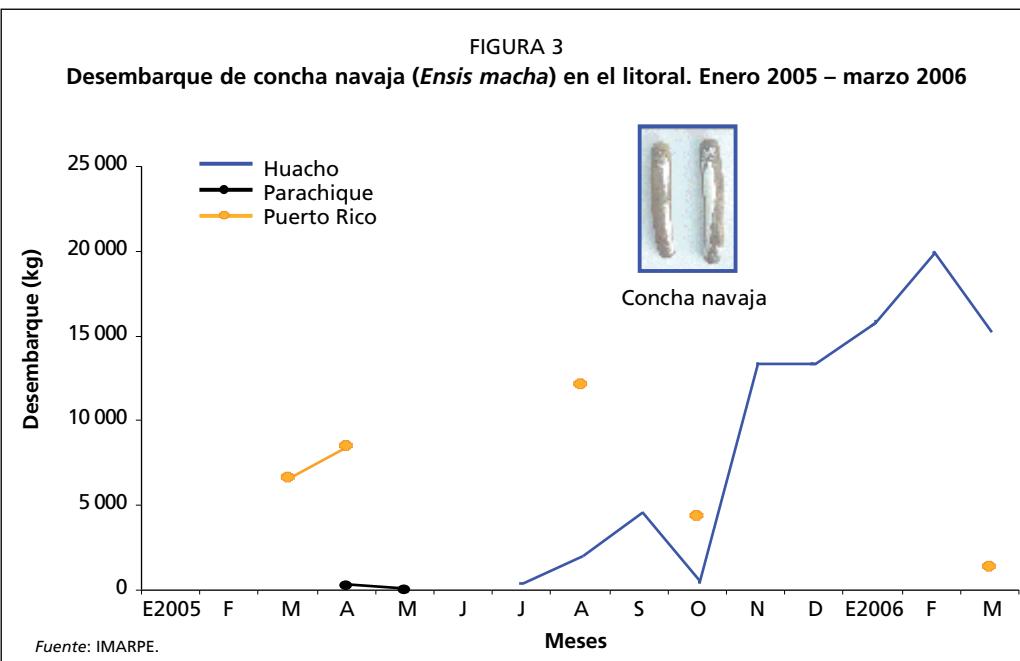
- Promover la instalación de hatcheries y/o la captación natural de semilla del medio natural.
- Fortalecer las capacidades de prevención, control y seguimiento de la sanidad acuática.
- Promover la evaluación de la aptitud acuática en zonas costeras con inversión pública y privada a través de proyectos sostenibles.
- Fortalecer la adopción de normas sanitarias y sistemas de control de calidad en las empresas públicas y privadas.
- Establecer programas a largo plazo de capacitación y transferencia tecnológica permanente, que incluyan la Investigación y desarrollo del cultivo de nuevas especies con potencial económico.

### Cultivo de otros bivalvos

En el año 1996, el Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), introdujo la Ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*), adquiriendo semillas desde Chile. Entre los años 1997 hasta el 2005, el Estado y algunas Asociaciones de Pescadores Artesanales, incursionan en este cultivo empleando el sistema suspendido en Long Line, en las regiones de Ancash, Lima, Moquegua y Tacna, registrándose producciones a nivel piloto, que atendieron principalmente la demanda nacional de este producto, desarrollando además el FONDEPES la producción masiva de semillas en ambiente controlado. Aunque el crecimiento de la especie en la zona norte del país, era competitivo la falta de mercado y los bajos precios limitaron el desarrollo de esta alternativa de cultivo.

### Potenciales especies de cultivo

La apertura de mercado de exportación de la Concha navaja (*Ensis macha*), ha generado expectativa en su cultivo, habiendo el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), iniciado estudios básicos que sentarán las bases para el desarrollo de su tecnología de cultivo. Su distribución geográfica se presenta desde los 9 °S (Chimbote) a los 55 °S en las costas americanas del Océano Pacífico, alcanzando al Golfo de San Matías (Argentina), en la costa atlántica. Los desembarques y zonas de extracción se presentan en la Figura 3.



Otra especie que también ha sido estudiada y que tiene demanda en el mercado nacional es el Choro (*Aulacomya ater*) cuya distribución geográfica se registra desde los 9 °S a los 55 °S en el Pacífico Oriental, alcanzando las Islas Malvinas hasta Brasil en la costa atlántica. La Figura 4 presenta los desembarques de esta especie, asociada a la presencia del fenómeno El Niño.

## CONCLUSIONES

A pesar de los esfuerzos realizados por el Estado y la empresa privada, el desarrollo tecnológico del cultivo de la concha de abanico en el Perú es todavía deficiente, investigaciones básicas para la conservación de la especie entre otros, están aún pendientes.

La alternativa de manejo de los bancos naturales de concha de abanico, a través de la actividad repoblamiento, han permitido abrir un espacio para el desarrollo del sector

pesquero artesanal peruano, aproximándolo a la acuicultura como una alternativa de actividad económica sostenible.

La implementación de las normas sanitarias para la producción de concha de abanico, está permitiendo al Estado, desarrollar mecanismos de seguimiento y control ambiental para esta actividad, así como generar un escenario de asociatividad en el sector privado empresarial.

El desarrollo de la actividad acuícola con miras a una actividad productiva, sostenible competitiva y globalizada, requiere de las siguientes acciones de cooperación internacional:

- a) estándares de cultivo para la sustentabilidad ambiental del cultivo de moluscos bivalvos;
- b) líneas de investigación y desarrollo tecnológico para el cultivo de moluscos bivalvos;
- c) líneas de acción para la superación de la pobreza asociada al cultivo de moluscos bivalvos;
- d) líneas de acción para la seguridad alimentaria en cultivos de moluscos bivalvos;
- e) redes de interacción o asociación entre 2 o mas países para superar problemas tecnológicos en el cultivo de moluscos bivalvos;
- f) principales requerimientos de políticas I+D para solucionar los problemas detectados en los diferentes tópicos del cultivo de moluscos bivalvos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alamo, V. y Valdivieso, V.** 1997. *Lista sistemática de moluscos marinos del Perú (segunda edición revisada y actualizada)*. Bol. Inst. Mar del Perú. 183 pp.
- Benites, C., Samamé, M., Méndez, M., Yamashiro C. y Valdivieso, V.** 1985. Evaluación del recurso concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el área del Callao. Julio 1985. *Inf. Prog. Inst. Mar del Perú*, Callao 10, 31 pp.
- Decreto Supremo N° 030-2001-PE.** Reglamento de la Ley de Promoción y Desarrollo de la Acuicultura. Publicado Diario El Peruano. 12 de julio de 2001.
- Decretos Legislativos N° 662.** Otorgan un régimen de estabilidad jurídica a las inversiones extranjeras mediante el reconocimiento de ciertas garantías. Publicado Diario El Peruano 29 de agosto de 1991.
- Decreto Legislativo N° 757.** Ley marco para el crecimiento de la inversión privada. Publicado Diario El Peruano. 8 de Noviembre de 1991.
- Decreto Supremo N° 07-2004-PRODUCE.** Norma Sanitaria de Moluscos Bivalvos Vivos. Publicado Diario El Peruano. 10 de marzo del 2004.
- Decreto Supremo N° 014-2007-PRODUCE.** Facultan al Ministerio de la Producción a aprobar mediante resolución de su titular las disposiciones que regularán el proceso de concurso o licitación de área reservada para actividades de acuicultura a mayor escala. Publicado Diario El Peruano. 13 de julio de 2007.
- Ley N° 27460.** Ley de promoción y desarrollo de la acuicultura. Publicado Diario El Peruano. 26 de mayo del 2001.
- Ley N° 27360.** Ley que aprueba las normas de promoción del sector agrario. Publicado Diario El Peruano 20 de octubre del 2000.
- Mejía, J., Valdivia, E., Benites, C., Santos, B., Pereda, A. Carrasco, E. y Soenens, P.** 1985. *Primer intento de evaluación de las reservas de concha de abanico en la Bahía Independencia*. Pesca, 45: 11–17.
- Mendo, J., Valdivieso, V., Yamashiro, C., Jurado, E., Morón, O. y Rubio, J.** 1987. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la bahía de Independencia, Pisco, Perú 17 de enero al 4 de febrero de 1987*. Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao, 64 pp.
- Resolución Ministerial N° 102-2006-PRODUCE.** Aprobar las Normas Técnicas Complementarias para la autorización para el desarrollo de actividades de repoblamiento en áreas acuáticas. Publicado Diario El Peruano. 11 de abril de 2006.

- Resolución Ministerial N° 204-2006-PRODUCE.** Modificar los numerales 2, 3, 11, 13, 14, 17, 18 y 26 del Anexo 1 de las “Normas Técnicas Complementarias para autorizaciones de repoblamiento en áreas acuáticas, a cargo de comunidades indígenas o campesinas, así como de organizaciones sociales de pescadores artesanales”, aprobadas por Resolución Ministerial N° 102-2006-PRODUCE Publicado Diario El Peruano 14 de agosto de 2006.
- Resolución Suprema N° 003-2002-PE.** Designan Comités de Gestión Ambiental de diversos departamentos del país. Publicado Diario El Peruano.12 de junio de 2002.
- Rubio, J., Taipe, A., Vasquez, L. y Aguilar, S.** 1987. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Isla Lobos de Tierra y Bahía de Sechura, del 5 al 16 de junio de 1997.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao 69, 13 pp.
- Rubio, J., Taipe, A., Vasquez, L. y Aguilar, S.** 1997. Evaluación del recurso concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la Isla Lobos de Tierra y la Bahía de Sechura, 05-16 de junio 1997. Inf. Prog. Inst. Mar del Perú, Callao 69, 13 pp.
- Rubio, J., Taipe, A. y Aguilar, S.** 1998. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el área de Chimbote, 25 de agosto al 19 de setiembre de 1987.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao 75, 15 pp.
- Rubio, J., Castillo, G., Flores, D., Morón, O., Taipe, A., Aguilar, S., Lorenzo, A. y Delgado, E.** 2000. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en Bahía Independencia, Pisco, del 4 al 18 de marzo de 1999.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao 124, 36 pp.
- Rubio, J., Soto, M., Taipe, A., Vasquez L. y Flores, G.** 2001. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en el Callao, del 20 al 23 de abril de 1999.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao 142, 23 pp.
- Samamé, M., Valdivieso, V., Yamashiro, C., Mendez, M., Cevallos, J. y Morón, O.** 1985b. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la bahía de Independencia, Pisco, en octubre y noviembre 1985.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao, 42 pp.
- Samamé, M., Valdivieso, V., Yamashiro, C., Mendez, M. y Jurado, E.** 1986. *Evaluación de la concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la bahía de Independencia durante abril de 1986.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao, 42 pp.
- Samamé, M., Benites, C., Valdivieso, V., Méndez, M., Yamashiro, C. y Morón, O.** 1985a. *Evaluación del recurso concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) en la bahía de Independencia y otros bancos naturales en la provincia de Pisco, en mayo 1985.* Inf. Int. Inst. Mar Perú, Callao, 63 pp.

# Fondos para la investigación y desarrollo tecnológico de moluscos bivalvos en Chile: resultados y proyecciones

**Gonzalo Herrera Jiménez**

*Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico  
Santiago, Chile  
E-mail: gherrera@conicyt.cl*

**Herrera Jiménez, G.** 2008. Fondos para la investigación y desarrollo tecnológico de moluscos bivalvos en chile: resultados y proyecciones. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 219–221.

## RESUMEN

Se resume la estrategia que Chile ha tenido como país para desarrollar la investigación y tecnología en acuicultura, particularmente en lo referente a moluscos bivalvos, centrándose en el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), el fondo gubernamental que ha potenciado la I+D en acuicultura especies nativas y exóticas.

## ABSTRACT

The strategy that Chile has developed as country to enhance the research and technology in aquaculture, particularly with respect to bivalve molluscs, is herein summarized and the main focus is FONDEF, the governmental funds that have supported the R&D in aquaculture for native and exotic species.

## ACUICULTURA EN CHILE Y SUDAMÉRICA

La acuicultura ha experimentado un notable crecimiento en el subcontinente sudamericano durante los últimos 20 años, según la información estadística de la FAO. Este incremento se explica principalmente por el cultivo de peces (especialmente salmón y tilapia), aunque también se han visto evoluciones positivas en los cultivos de moluscos y crustáceos. En total, se está llegando a cosechar alrededor de 1,2 millones de toneladas. En volúmenes, Chile lidera ampliamente la producción regional, alcanzando una participación superior al 61 por ciento del total, seguido a una gran distancia por Brasil, Ecuador, Colombia y Perú.

En cuanto al cultivo de moluscos, las principales especies corresponden a los mitílidos y los pectínidos. La principal fuente de crecimiento de los cultivos está dada por el desarrollo de la industria mitilicultora chilena. De lejos, el principal país cultivador de moluscos es Chile, el cual, gracias a la industria mitilicultora, ha presentado un gran crecimiento y desarrollo. Sin embargo, existen otras especies de importancia en

la industria, principalmente ostiones. Además, se están desarrollando esfuerzos en el cultivo de otras especies de gran valor económico. En el 2005 más del 79 por ciento de las cosechas de moluscos fueron originadas en Chile, seguido de Brasil y Perú.

En Chile, los sectores de la pesca y de la acuicultura han presentado una importante variación en los últimos años. Por un lado, la pesca se ha estado estancando y por otro, la acuicultura se ha incrementado. La pesca, en términos de volumen, es responsable de el 65 por ciento de las exportaciones, mientras que la acuicultura solo del 35 por ciento. Sin embargo, en términos de valor, la situación se invierte, donde la acuicultura corresponde al 65 por ciento del ingreso.

### **LA ACUICULTURA EN LA ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN CHILENA**

Desde fines de 2005 está operando en Chile el Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), cuya misión fundamental es diseñar e impulsar una estrategia nacional de innovación, para luego proponer las políticas públicas que se requieren para impulsar el desarrollo nacional basado en el conocimiento y en la innovación.

Para apoyar la elaboración de esta estrategia se ha contado con el apoyo de una consultora internacional: el Boston Consulting Group (BCG). Con el apoyo de esta entidad, el CNIC ha identificado un conjunto de 8 clusters sobre los que va a haber una especial concentración de esfuerzos en los próximos años: Acuicultura/Minería del Cu/Fruticultura/Alimentos procesados para consumo humano/Porcicultura y avicultura/Offshoring/Servicios financieros/Turismo. Para cada uno de estos clusters se identificaron las brechas de productividad en sus encadenamientos productivos. Para el caso de la acuicultura, este análisis llevó a la identificación de las siguientes líneas de acción:

- Alimentos para especies cultivadas
- Especies acuáticas no salmones
- Medio ambiente, sanidad y comunidades
- Aprovechamiento de capacidad productiva
- Líneas de acción transversales

En este sector, la diversificación de riesgos y la captura de nuevas oportunidades de crecimiento son los desafíos tecnológicos principales

En lo que se refiere a los moluscos bivalvos, se establecen las siguientes consideraciones:

- El chorito es un negocio de menor tamaño que el salmón, pero en crecimiento. Se prevé que el cultivo de este recurso crezca rápidamente en el mediano plazo y se estanque en el largo plazo, debido principalmente a las limitaciones que impone la marea roja.
- Otros moluscos con menor volumen de producción y potencial de crecimiento variable son el ostión, la ostra y el abalón.

### **INVESTIGACIÓN EN ACUICULTURA Y FONDOS DEL ESTADO: EL CASO DE FONDEF**

Entre los años 1991 a 2005 el Gobierno chileno ha invertido alrededor de 120 millones de dólares en investigación y desarrollo acuáticos, provenientes en cinco fondos principales: Innova Chile (Fondo de Desarrollo e Innovación [FDI] y Fondo para el Desarrollo Tecnológico y Productivo [FONTEC]), Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT), Fondo de Investigación Pesquera (FIP) y Fundación para la Innovación Agraria (FIA). Actualmente el gasto público promedio en I+D en acuicultura corresponde a 14 millones de dólares EE.UU. anuales.

El fondo público que más recursos ha invertido en este sector ha sido el FONDEF. Solo en la investigación referida a moluscos, FONDEF, en sus programas de I+D y de Acuicultura Mundial, ha apoyado el desarrollo de alrededor de 60 proyectos, con un

gasto cercano a los 20 millones de dólares. Actualmente este Fondo están invirtiendo alrededor de tres millones de dólares anuales en la investigación de estas especies. Entre 1991 y el 2005 las principales áreas temáticas en donde se han colocado los recursos corresponden a las tecnologías de cultivo y a la productividad y calidad de productos. Se han generado programas específicos como el de Marea roja y Acuicultura Mundial que están resolviendo problemas y cerrando brechas tecnológicas de la acuicultura nacional.

Es importante mencionar el Programa Científico y Tecnológico en Marea Roja, creado por FONDEF y el FDI de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) (actualmente Innova Chile) a mediados del año 2002, con el propósito de contribuir a la prevención, mitigación y eventual eliminación de los problemas generados por las floraciones algales nocivas, entre las cuales la más conocida es la marea roja. Se han adjudicado cinco proyectos y próximamente se adjudicará una cantidad similar.

### SITUACIÓN DE CULTIVO DIVERSAS ESPECIES EN CHILE

En la Tabla 1 se puede apreciar el estado de desarrollo de la investigación referida a diferentes especies de moluscos, en proyectos de I+D apoyados por FONDEF. Los diferentes estados de desarrollo se definen de la siguiente manera:

- Nivel Experimental: La especie ha sido desarrollada en condiciones controladas donde se ha verificado aspectos funcionales (aclimatación, maduración de reproductores, desove, desarrollo larval, producción de juveniles y semilla en cantidades inferiores a 300 unidades). Verificación de sistemas de engorda y crecimiento en cantidades inferiores a 300 unidades.
- Nivel Piloto: Se cuenta con un resultado que ha sido probado en condiciones reales de una muestra que puede ser escalada. El tamaño de la muestra dependerá de la especie. En esta etapa se maneja la parte de hatchery y engorda para producciones de 300 hasta 10 000 unidades.
- Nivel Precomercial: Se cuenta con una solución cuyo comportamiento operacional y funcional ha sido probado y verificado en condiciones reales de una muestra representativa a escala productiva o masiva. En juveniles de especies son muestras superiores a las 10 000 unidades, y el tamaño de la muestra dependerá del tipo de especie de que se trate. En todo caso, estas especies ya han sido probadas o criadas por parte de los usuarios y en algunos casos probadas en los mercados.
- Nivel Comercial: La especie se produce regularmente ha sido probada en los mercados de destino y se vende regularmente.

TABLA 1

**Estado de la investigación en moluscos en proyectos FONDEF (Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico)**

Especie	Estado de desarrollo			
	Experimental	Piloto	Precomercial	Comercial
Culengue				
Loco				
Macha				
Navajuela				
Ostiones del Sur				
Pulpo				
Trumulco				
Lapa				
Navaja				
Almeja				
Abalón				
Mitílidos				
Ostión del Norte				
Ostra japonesa				

Fuente: FONDEF.



# Desafíos y perspectivas de la repoblación de moluscos bivalvos en Chile

**Gabriel Jerez**

*Subsecretaría de Pesca*

*Santiago, Chile*

*E-mail: gjerez@subpesca.cl*

**Mauricio Figueroa**

*Federación de Pescadores Artesanales V Región*

*Valparaíso, Chile*

**Jerez, G. y Figueroa, M.** 2008. Desafíos y perspectivas de la repoblación de moluscos bivalvos en Chile. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 223–235.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene por propósito dar a conocer el estado actual de la repoblación de moluscos bivalvos en Chile y su relación con las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB). En primer término se define el concepto «re población» desde un punto de vista del objetivo (que puede ser para preservar o conservar) y según el modo o forma como se haga (por manejo, por siembra o de manera mixta). En Chile, las principales especies de moluscos bivalvos, susceptibles de repoblar son: mitílidos, almejas (*sensu lato*), ostiones y ostras, representadas por 16 especies. En la actualidad, algunas de estas especies han sido solicitadas como recursos objetivos para 79 AMERB (equivalente a un 20 por ciento del total de áreas operativas). Se ha determinado que son muy escasas las experiencias de repoblamiento de moluscos bivalvos en Chile, al igual que como ocurre a nivel mundial; y las pocas experiencias no han pasado del nivel experimental o piloto de producción. Finalmente, se propone un algoritmo de cálculo de la repoblación de un recurso bentónico y que se aplica a la Bahía de Ancud como caso de estudio. Se determinó que debería sembrarse la Bahía de Ancud con cerca de 171 millones de almejas por un lapso de 4 a 5 años para lograr cosechas promedio superiores en un 100 por ciento a los desembarques comerciales actuales.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to summarize bivalve restocking programmes in Chile and its relation to the current Management Areas System (Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos, AMERB). Primarily, restocking is defined from a point of view of the objective (i.e. to preserve or to conserve) and accordingly the way it is carried out (through management, seeding or mixed). In Chile, the main bivalves for restocking

purposes include species of mussels, clams (*sensu lato*), scallops and oysters, represented by 16 species. At present, some of these species have been identified as important resources for 79 management areas (AMERB) (corresponding to 20 percent of the total areas under current management). It is concluded that bivalve restocking experiences in Chile have been few, unlike other countries. Furthermore, the limited experiences have not progressed from the experimental level. Finally, an algorithm for calculating the restocking of a benthic resource is proposed as applied in the Bay of Ancud case study. It is concluded that the Bay of Ancud would have to be seeded with about 170 million clams to eventually obtain productions, 4–5 years later, equal or superior to the current production levels.

## INTRODUCCIÓN

Por diversas causas, las pesquerías de recursos bentónicos en Chile han mostrado grandes fluctuaciones en el tiempo y en el espacio, generando en el mediano plazo alteraciones y, normalmente, declinaciones que producen inestabilidad en la cadena de comercialización de los recursos y consecuentemente, deterioro en las condiciones socioeconómicas del sector pesquero artesanal (Avilez y Jerez, 1999). Si bien, la causa principal de estas fluctuaciones se ha atribuido a la explotación pesquera, también existe evidencia del impacto de causas naturales sobre la abundancia y distribución de las poblaciones bentónicas sometidas a explotación, tales como la contaminación, el fenómeno «El Niño» y movimientos sísmicos, entre otras (Santelices *et al.*, 1977; Arntz *et al.*, 1987; Wolf, 1987; Castilla, 1988; Navarrete *et al.*, 2002). Una forma adecuada para enfrentar esta situación en Chile ha sido la creación del régimen de Áreas de Manejo de Recursos Bentónicos (AMERB), consagrado en la Ley de Pesca y Acuicultura chilena a partir de 1995, el cual ha venido a mitigar, en parte, los efectos bio-pesqueros y socio-económicos negativos del régimen del libre acceso, los cuales han sido ampliamente estudiados a partir del trabajo clásico conocido como «The Tragedy of the Commons» (Hardin, 1968). En el marco de este nuevo régimen, los pescadores han ido obteniendo grados crecientes de control sobre los stocks de los recursos bentónicos que explotan y sobre el proceso posterior de comercialización de los mismos. Sin embargo, la creación de las AMERB es sólo un primer paso para atenuar las fluctuaciones naturales de los stocks. A casi 10 años de la implementación de las primeras AMERB un nuevo concepto está emergiendo como una nueva etapa en el fortalecimiento y sustentabilidad de la actividad productiva pesquera de las comunidades costeras de Chile que explotan recursos bentónicos, entendida como la introducción controlada de ejemplares que re establecen y aumentan la abundancia poblacional local, procurando mantener los stocks naturales a un nivel productivo, generación tras generación.

La repoblación, debiera ser entendida más que una acción tecnológica, una vía complementaria al manejo tradicional de las pesquerías, que permita, entre otras cosas: i) sustentar la explotación de los stock naturales de recursos bentónicos en el tiempo, ii) promover el desarrollo del sector pesquero artesanal mediante el fortalecimiento de su actividad pesquera, iii) mejorar las condiciones de vida de las comunidades costeras, iv) estabilizar sus fuentes de trabajo y v) contribuir, en definitiva, al crecimiento sustentable del país. Bajo este marco, la repoblación en áreas de manejo puede constituir una acción concreta en beneficio de los recursos naturales y el sector pesquero.

Así, el propósito del presente trabajo es explorar los desafíos y presentar las expectativas de las iniciativas de repoblación de recursos bentónicos en las AMERB, centrándose el análisis especialmente en los moluscos bivalvos, contrastando el avance tecnológico en los cultivos de bivalvos y la demanda potencial por este tipo de recurso que podría generarse, a la luz de las nuevas oportunidades que la Ley de Pesca otorga al sector pesquero artesanal.

## ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

### Definición de repoblación

Un aspecto que llama la atención, dice relación con la escasa información disponible de los efectos de la repoblación sobre las pesquerías. También, una revisión del concepto asociado al término «re población» y sus términos derivados en inglés en la INTERNET, arrojó más de 15 102 992 páginas atingentes, aunque sólo 41 referencias presentaron contenidos sobre «re población marina» y sus términos correspondientes en inglés (marine repopulation, marine ecological restoration y marine restocking).

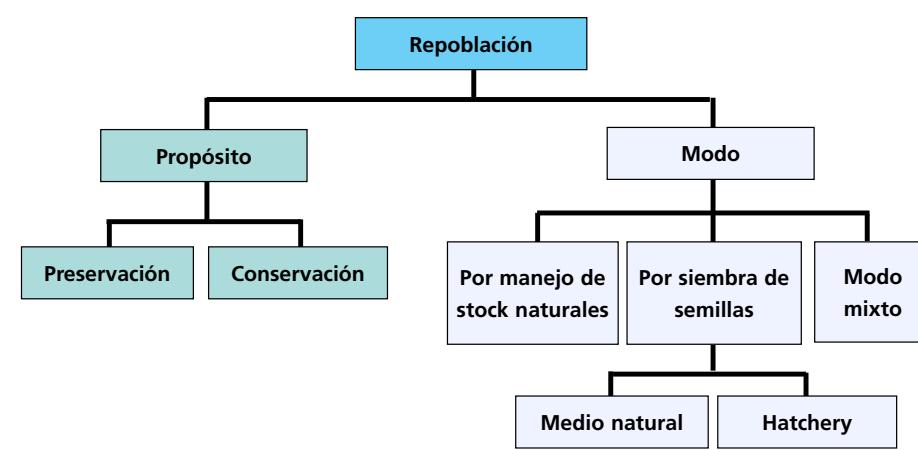
La Ley de Pesca y Acuicultura (Art. 2, N° 42, Ley 18.892) define «re población» como «.....la acción que tiene por objeto incrementar el tamaño o la distribución geográfica de la población de una especie hidrobiología, por medios artificiales». Esta definición en términos generales es apropiada, pero restringida sólo a la repoblación efectuada utilizando la acción activa de medios tecnológicos de producción (centros de cultivo, traslado y siembra de ejemplares desde el medio natural para reproducirse o para ser engordados). En términos simples, la «re población» consiste en volver a poblar un área con individuos de una especie cuya densidad ha disminuido a un nivel tal, que su explotación no resulta rentable.

Cabe señalar que existirían diferentes tipos de repoblación según el propósito o el modo como esta se haga, tal como se resume en la Figura 1. Según el Propósito, la repoblación puede servir para i) Preservar una especie amenazada o en peligro de extinción, excluyendo la utilización por parte del hombre. La mayoría de las acciones de repoblación a nivel mundial caen en este propósito (Cheung, 2001) y ii) Conservar un recurso marino, de tal manera que se recupere y mantenga el nivel de su stock en términos comerciales.

En específico, existirían tres tipos de repoblamiento, según el Modo como se realice.

- **Re población natural o por manejo** = Recuperación o manutención de poblaciones naturales de recursos bentónicos por efecto de manejar apropiadamente sus stock naturales, permitiendo que las tasas de reclutamiento y crecimiento poblacionales superen o igualen a las tasas de mortalidad total (natural + por pesca). El reclutamiento puede provenir indirectamente de actividades de la acuicultura, como en el caso del Ostión del Norte (Tongoy, IV región) o mitílidos (Calbuco, X región). Esta categoría es equivalente al concepto de repoblación por manejo propuesto por Castilla (1988).

FIGURA 1  
Diagrama conceptual del término «re población»



- **Re población artificial o por siembra** = Recuperación o manutención de poblaciones naturales de recursos bentónicos, mediante el manejo de sus stock naturales y la introducción de larvas, juveniles o adultos de una especie comercial, proveniente de un centro de cultivo, de un hatchery, o del traslado y acopio desde un banco natural. Equivale a la categoría «re población por siembra» de Castilla (*op. cit.*)
- **Re población mixta** = Recuperación o manutención de poblaciones naturales de recursos bentónicos, mediante la introducción de larvas, juveniles o adultos de una especie comercial, proveniente de un centro de cultivo, de un hatchery, o del traslado y acopio desde un banco natural.

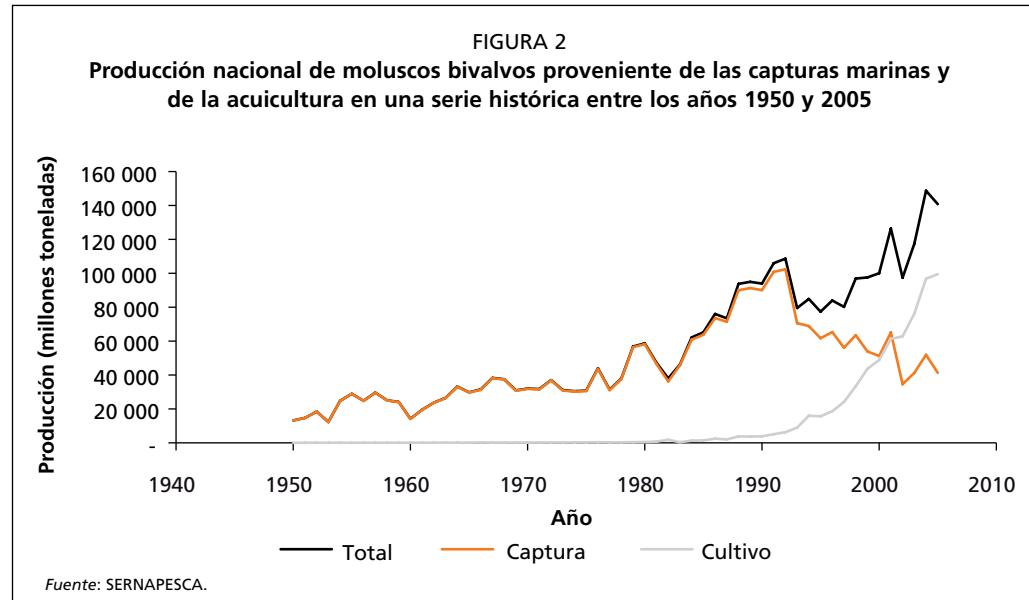
De acuerdo a lo anterior, el concepto de Repoblación que usaremos en el resto del trabajo se referirá a la *acción de aumentar el tamaño de una población de un recurso bentónico en un área de manejo, con fines de conservación o preservación, mediante un proceso de «siembra» de ejemplares provenientes del medio natural o de uno artificial o de ambos.*

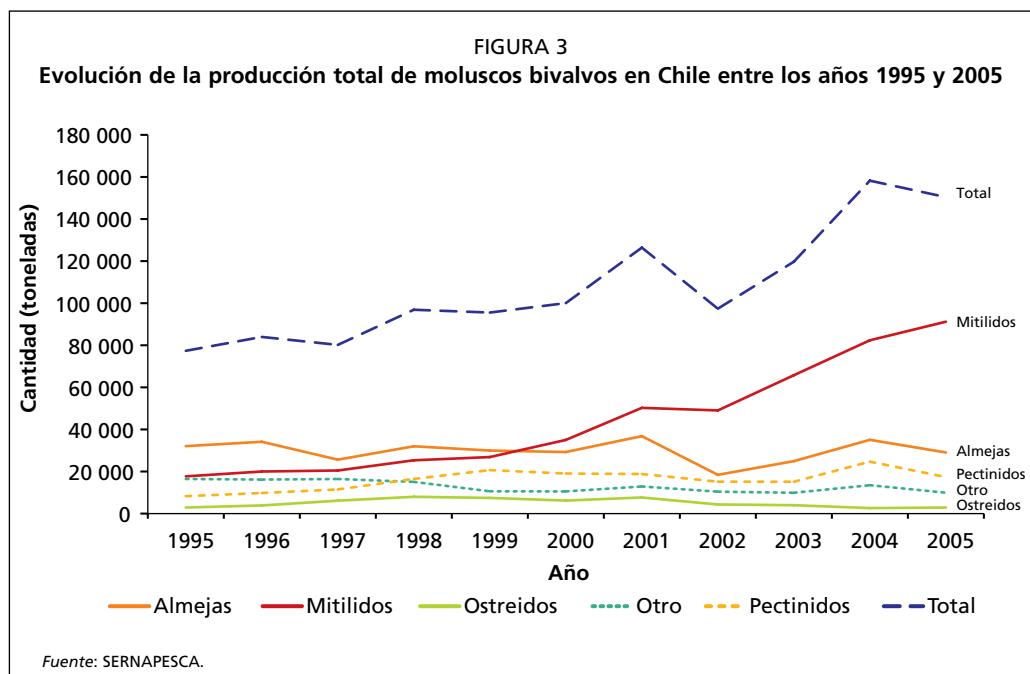
### Experiencia en Chile en repoblación

En Chile, la evolución histórica de la producción de moluscos bivalvos provenientes de la captura marina y de la acuicultura sigue la misma tendencia mundial (Figura 2). A nivel nacional, el reemplazo de la producción de captura marina como principal fuente productiva por la producción de la acuicultura ocurre a partir del año 2000, aunque la tendencia decreciente de la primera y el incremento notorio de la segunda se comenzó a registrar a inicios de los 90. Entre las principales causas de este fenómeno deben encontrarse la alta explotación de los stocks naturales y el incremento de la eficiencia en los sistemas tecnológicos de cultivo masivo, desarrollados principalmente en los países asiáticos del Pacífico occidental. De una u otra forma son causas similares a las que explican el fenómeno a nivel mundial. Las principales especies moluscos bivalvos producidas en Chile son: mitílidos, almejas y ostiones (Figura 3). La acuicultura provee mayoritariamente moluscos del grupo ostiones y mitílidos; mientras que la producción de captura proporciona principalmente almejas.

Las producciones de moluscos bivalvos en Chile tienen una expresión geográfica diferencial en tipos y cantidades de recursos desembarcados. Para efectos prácticos, Chile presenta básicamente tres macrozonas (Figura 4) que tienen atributos climatológicos, geológicos y ecológicos relativamente homogéneos, a saber: Zona Norte (desde los 18° S a los 32° S), Zona Centro (desde los 32° S a los 36° S) y Zona Sur-austral (desde los 36° S a los 56° S). Esta distinción territorial es relevante para comprender más adelante

**FIGURA 2**  
**Producción nacional de moluscos bivalvos proveniente de las capturas marinas y de la acuicultura en una serie histórica entre los años 1950 y 2005**



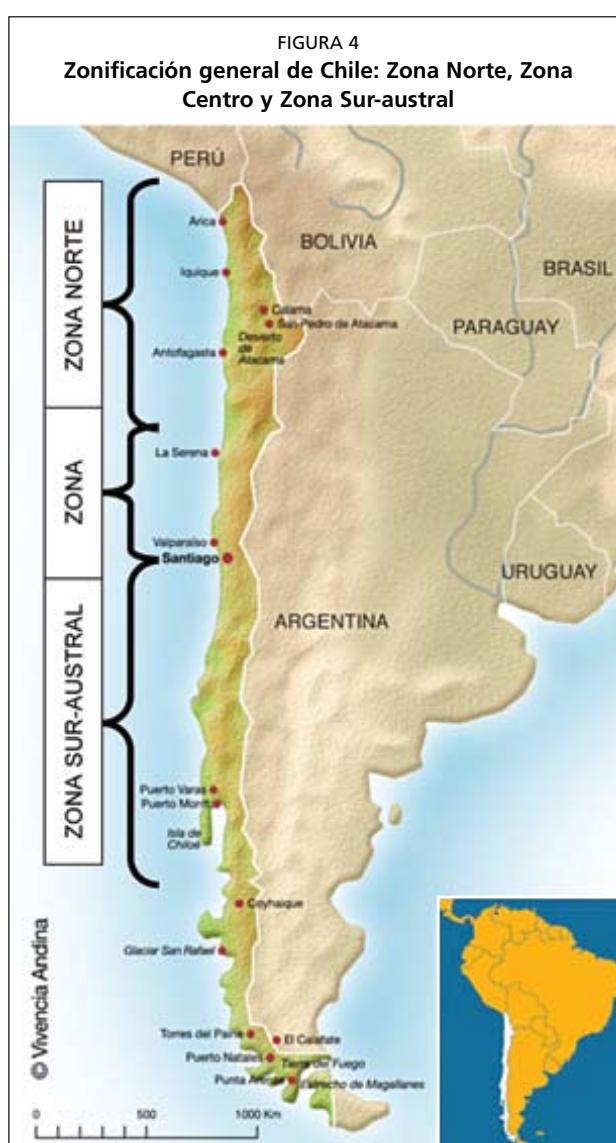


la caracterización de la actividad extractiva y de acciones de repoblamiento que se están realizando con los moluscos bivalvos.

#### *Las áreas de manejo, los moluscos bivalvos y la repoblación*

Las áreas de manejo, desde la perspectiva pesquera, surgieron originalmente, entre otras razones, en la zona norte de Chile como respuesta a la necesidad de los pescadores artesanales de recuperar, primero, los bancos naturales de loco (*Concholepas concholepas*) y luego los de lapas (*Fissurella spp.*) y erizos (*Loxechinus albus*). Esto ocurrió inicialmente en la costa de la provincia del Choapa, IV región (Avilez y Jerez, 1999). Posteriormente, y en la medida que las AMERB fueron siendo creadas en otras regiones, más al sur, los pescadores comenzaron a solicitar otros recursos bentónicos, tales como algas, crustáceos y tunicados. En la actualidad, los recursos solicitados por los pescadores y estudiados en las AMERB involucran 52 especies pertenecientes a cinco tipos taxonómicos de recursos bentónicos: Algas, Moluscos, Equinodermos, Crustáceos y Tunicados. El grupo taxonómico con mayor número de especies solicitadas corresponde a los moluscos con 35 especies.

El Cuadro 1 indica los principales grupos taxonómicos solicitados para las áreas de manejo que cuentan con cuotas de extracción decretadas (390 áreas). El grupo de moluscos



**CUADRO 1****Distribución de los grupos taxonómicos presentes en las AMERB en Chile**

Grupo taxonómico	Nº AMERB	% AMERB con cuotas
Moluscos gasterópodos	334	86%
Equinodermos	144	37%
Moluscos bivalvos	79	20%
Algas	73	19%
Moluscoscefalópodos	14	4%
Crustáceos	6	2%
Tunicados	3	1%

**CUADRO 2****Nómina de especies de recursos moluscos bivalvos solicitados como recursos objetivos de las AMERB en Chile**

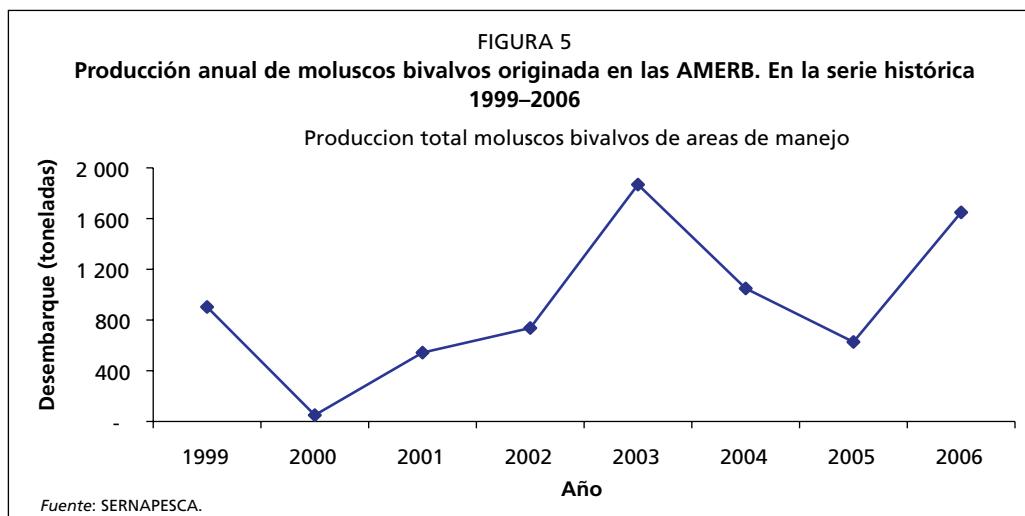
Nombre común	Nombre científico	Familia
Almeja	Sin identificar	–
Almeja	<i>Euromalea</i> sp.	Veneridae
Almeja	<i>Protothaca thaca</i>	Veneridae
Cholga	<i>Aulacomya ater</i>	Mitilyidae
Chorito	<i>Mytilus chilensis</i>	Mitilyidae
Choro zapato	<i>Choromytilus chorus</i>	Mitilyidae
Culengue	<i>Gari solida</i>	Veneridae
Disco	<i>Semele solida</i>	Semelidae
Macha	<i>Mesodesma donacium</i>	Mesodesmatidae
Navaja o huepo	<i>Ensis macha</i>	Pharidae
Navajuela	<i>Tagelus dombeii</i>	Psammobiidae
Ostion del norte	<i>Argopecten purpuratus</i>	Pectinidae
Ostion del sur	<i>Chlamis vitrea</i>	Pectinidae
Taca	<i>Mulinia</i> sp.	Mactridae
Taquilla	<i>Mulinia edulis</i>	Mactridae
Treri o almeja	<i>Venus antiqua</i>	Veneridae

24 por ciento del universo total de pescadores que poseen AMERB (14 775 socios de organizaciones de pescadores artesanales).

La producción nacional de moluscos bivalvos provenientes de AMERB se inicia en 1999 con 903 toneladas (Figura 5), de las cuales 890 toneladas correspondieron al recurso Macha. La producción fluctuó alrededor de 558 toneladas promedio anual entre 1999 y

**CUADRO 3****Distribución de los moluscos bivalvos solicitados para AMERB por región**

Nombre común	Nombre científico	AMERB por regiones										
		I	II	IV	V	VII	VIII	X	XI	XII	Total	
Ostion del Norte	<i>Argopecten purpuratus</i>	2	3	4	1		1				11	
Almeja	<i>Protothaca thaca</i>	6	3	1							10	
Almeja	sin identificar	1									1	
Taca	<i>Mulinia</i> sp.			2							2	
Navajuela	<i>Tagelus dombeii</i>			1			6				7	
Taquilla	<i>Mulinia edulis</i>			2			5				7	
Macha	<i>Mesodesma donacium</i>	1	5		1	3	1				11	
Almeja	<i>Euromalea</i> sp.				1						1	
Cholga	<i>Aulacomya ater</i>	1					6	2	3		12	
Choro zapato	<i>Choromytilus chorus</i>	2				5	1	5			13	
Disco	<i>Semele solida</i>						1	3			4	
Navaja (Huepo)	<i>Ensis macha</i>					4					4	
Chorito	<i>Mytilus chilensis</i>							1	1		2	
Culengue	<i>Gari solida</i>	6	3			3	5	8			25	
Treri o Almeja	<i>Venus antiqua</i>					1	5	13			19	
Ostion del Sur	<i>Chlamis vitrea</i>								2	2	2	
	Total	18	10	15	1	7	31	22	25	2	131	



2002, hasta que en 2003 se produjo un máximo de producción de 1 868 toneladas. Este nivel de producción fue explicado por un desembarque de 1 573 toneladas de macha, las cuales fueron extraídas de la extensa playa de Peñuelas, IV región, luego de un proceso de repoblación por manejo durante 3 años. Entre el 2004 y 2006, la producción disminuyó, pero alcanzó un nuevo nivel promedio de 1 298 toneladas. Estos niveles de producción representan sólo una pequeña fracción de la producción total de moluscos bivalvos en Chile, derivada tanto de la captura marina como de los cultivos. Para el año 2005, la producción de estos recursos provenientes de las AMERB alcanzaba solo a 0,6 por ciento de la producción de la acuicultura y al 1,7 por ciento de la producción de captura marina. En esta perspectiva, es factible, entonces que la repoblación pueda generar un escalamiento productivo de las AMERB que tienen a los moluscos bivalvos como recursos objetivos, centrándose principalmente en el grupo de las almejas (*Venus antiqua*, *Protothaca thaca*, *Gari solida*, *Semele solida*, *Mulinia edulis*), macha (*Mesodesma donacium*) y huepo (*Ensis macha*).

Las AMERB surgieron en Chile como un mecanismo de manejo pesquero para salir de la crisis de disponibilidad de recursos bentónicos que sufrieron los pescadores artesanales de la zona norte hacia fines de la década de los 80 en el siglo pasado y que quedó como un régimen de manejo pesquero establecido definitivamente en la Ley de Pesca hacia mediados de la década de los 90. La importancia más relevante de este régimen está dada por su capacidad para recuperar stock naturales de recursos bentónicos pesqueros y otorgar a las comunidades de pescadores, por primera vez, un rol protagónico en el manejo de sus propios recursos, asignándoles porciones de costa que pudieran ser vigiladas y explotadas de manera planificada. Este sistema de manejo ha tenido, por sobre los efectos beneficiosos biológicos y económicos, un impacto en los patrones culturales de los pescadores, llevándolos de un modelo cazador-recolector a uno cultivador-cosechador. Aunque ha sido un proceso lento y no exento de dificultades. El año 1997 se inició el proceso con el decreto de 4 áreas de manejo en la IV región y 1 en la I región, llegando en la actualidad a existir más de 390 áreas de manejo operativas. Cabe consignar que en un principio este proceso, fue llevado adelante por los propios pescadores con el apoyo del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y algunas universidades, las cuales actuaron como agentes catalizadores de cambio. Paralelamente, las áreas de manejo dieron oportunidad para la creación de empresas consultoras para efectuar los estudios de Línea Base y los estudios denominados de «Seguimiento». En la actualidad existen alrededor de 30 consultoras que dan empleo a más de 120 profesionales de las ciencias marinas, principalmente.

En Chile, las experiencias de repoblación se han centrado en pocas especies (Cuadro 4), efectuándose iniciativas principalmente a niveles de ensayo experimental, tanto como acciones de repoblación natural como artificial.

CUADRO 4

**Experiencias e iniciativas de repoblamiento de recursos bentónicos en la costa de Chile**

Tipo repoblacion	Recurso	Lugar	Autor	Resultado/escala
Artificial	Erizo ( <i>Loxechinus albus</i> )	X región	Bustos, 1988	Experimental
		IV región	Stotz et al., 1992	Experimental
		X región	Pacheco, 1993	Experimental
		V región	González y Jerez, 2001	Experimental
		X región	Godoy y San Martín, 1988	Experimental
		X región	Godoy y Troncoso, 1990	Experimental
		V región	UNAB	Piloto
	Macha ( <i>Mesodesma donacium</i> )	I región	Baros, 1995; Stotz, 2003	Piloto
	Luga Negra	X región	Avila et al., 2003	Experimental
	Ostión del Norte ( <i>Chlamys purpurata</i> )	IV región	Augsburger y Vega, 1989	Experimental
Natural	Erzo ( <i>Loxechinus albus</i> )	V región	Castilla, 1990	Experimental
	Loco ( <i>Concholepas concholepas</i> )	X región	Moreno (1987)	Experimental
	Loco ( <i>Concholepas concholepas</i> )	IV región	Stotz (com. pers.) por efecto del cultivo	Comercial
	Ostión del Norte ( <i>Chlamys purpurata</i> )	X región	Por efecto del cultivo	Comercial
	Mitilidos	X región	Por efecto del cultivo	Comercial

El análisis de estos casos, ha permitido visualizar algunos desafíos, cuya corrección permitiría la mejora en el proceso. Los más relevantes son los siguientes:

- Las acciones de repoblación se han efectuado, principalmente, a nivel experimental, en el marco de proyectos de investigación asociados a hatcheries pertenecientes a centros de investigación.
- Las iniciativas desarrolladas a nivel piloto son muy escasas, destacándose el trabajo de Stotz en macha (*Mesodesma donacium*) en la I región y de la UNAB en erizo (*Loxechinus albus*). Estas iniciativas podrían escalarse a niveles comerciales y, posteriormente, industriales, aunque aún está pendiente su evaluación en términos biopesqueros y socioeconómicos.
- No se han desarrollado programas permanentes de monitoreo que incorporen el estudio ecológico de las comunidades biológicas, la estimación de la capacidad de carga del hábitat y la cuantificación del nivel de éxito de las acciones de repoblación.

Las organizaciones de pescadores, asesoradas por consultoras y profesionales asesores han comenzado a desarrollar diferentes iniciativas (Cuadro 5). El mayor número de iniciativas se ha centrado en acciones repoblación, las que han consistido fundamentalmente en repoblación artificial del recurso cholga (*Aulacomya ater*), centrada en la VIII región (Cuadro 6).

**Estimación de una demanda potencial por repoblación: el caso de la Bahía de Ancud**  
La Bahía de Ancud, localizada en el extremo norte de la Isla de Chiloé, X región, ha sido históricamente la gran despensa de moluscos bivalvos de Chile, especialmente

CUADRO 5

**Iniciativas de acciones de repoblación, por manejo y artificiales efectuadas en áreas de manejo en diferentes regiones de Chile**

Tema	Regiones de Chile							Total
	I	III	IV	V	VII	VIII	X	
Arrecifes artificiales			1					1
Colectores		1	2					3
Engorda				3				3
Experimental			2	2			1	5
Incorporación de especies			1				1	2
Remoción		2						2
Repoblamiento	1	5	10	4	2	27	5	54
Trasplante			2					
Total	1	8	18	9	2	27	7	72

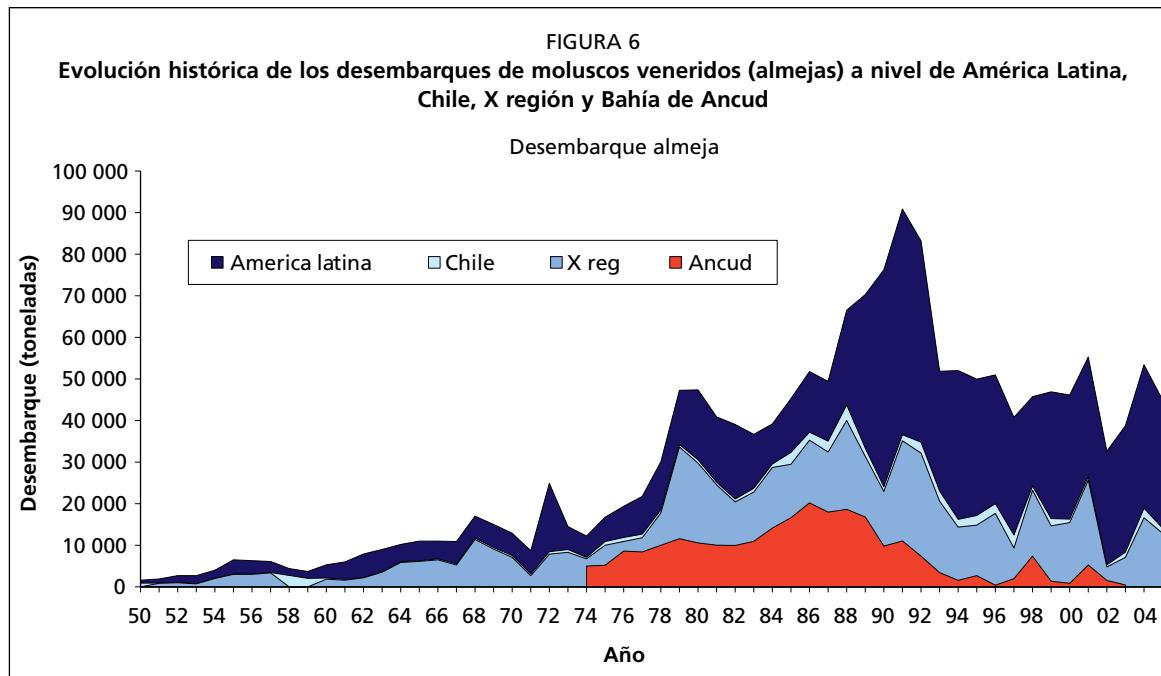
## CUADRO 6

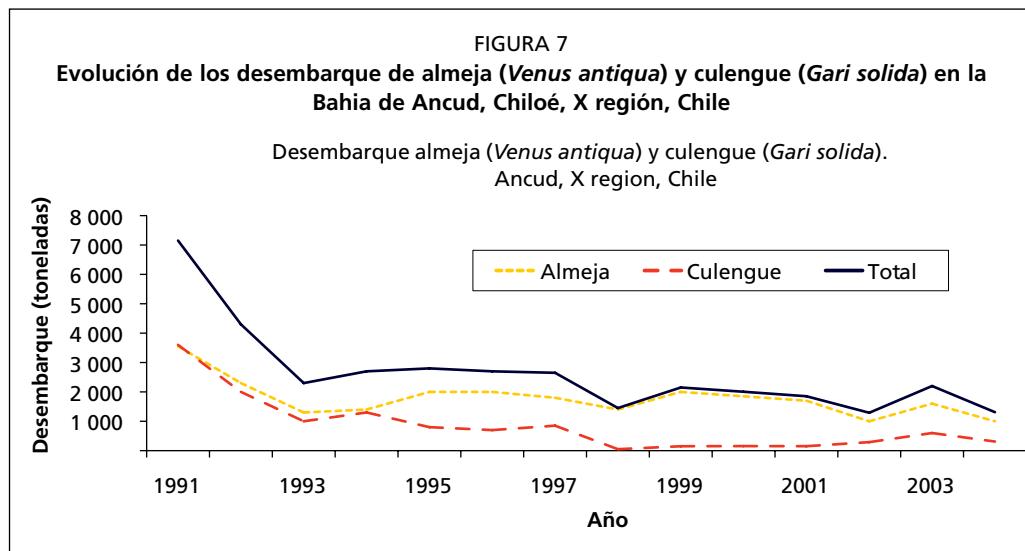
Iniciativas de acciones de repoblación, por manejo y artificiales efectuadas sobre diferentes recursos moluscos bivalvos en áreas de manejo en diferentes regiones de Chile

Recurso	Nombre científico	Regiones de Chile							Total
		I	III	IV	V	VII	VIII	X	
Cholga	<i>Aulacomya ater</i>						19		19
Choro zapato	<i>Choromitylus chorus</i>					2			2
Ostion del Norte	<i>Argopecten purpuratus</i>			2					2
Chorito – Choro zapato	<i>Mytilus chilensis – Choromitylus chorus</i>							1	1
Chorito	<i>Mytilus chilensis</i>				1				1
Macha	<i>Mesodesma donacium</i>			1					1
Erizo – Choro zapato	<i>Loxechinus albus – Choromitylus chorus</i>						1		1
Total bivalvos				3	1	2	20	1	27
Total		1	8	18	9	2	27	7	72
% Bivalvo vs. total		0%	0%	17%	11%	100%	74%	14%	38%

almejas, las cuales llegaron a representar hace una década un 33 por ciento de las almejas producidas en toda América Latina, tal como se indica en la Figura 6. Sin embargo, en los últimos años, la evolución de los desembarques (y rendimientos) ha ido disminuyendo paulatinamente para las tres especies más importantes de la zona: *Venus antiqua*, *Prothothaca thaca* y *Gari solida* (culengue).

Actualmente, las almejas extraídas de la Bahía de Ancud, en particular *Venus antiqua* representan no más del 5 por ciento de las almejas producidas a nivel Latinoamericano. Las causas necesariamente deben encontrarse en una combinación de factores: i) sobreexplotación, ii) menor demanda del mercado por fenómenos FAN, iii) bajos precios de primera venta y iv) migración de esfuerzo pesquero para extracción de recursos más valiosos, entre otros. La secuencia del desembarque en 21 sectores de extracción o bancos naturales dentro de la bahía, muestra un claro patrón decreciente en los volúmenes de desembarque. La cuestión que surge inmediatamente es ¿que acciones de repoblación deberían adoptarse para restaurar la biomasa de almejas de esta importante zona pesquera de Chile? La perdida relativa de biomasa de la bahía, suponiendo que los niveles de desembarque son un indicador del standing stock del recurso llegaría a un 96 por ciento entre los años 1986 y 2005. Esta biomasa, en términos





numéricos para la almeja equivaldría a una disminución del stock de aproximadamente 519 millones de ejemplares de 55 mm. La tendencia en la disminución de la producción también ha ocurrido en el segundo recurso más importante en la Bahía, el culengue (Figura 7).

En base a este escenario, un proceso de repoblación consideran los siguientes factores: i) recursos solicitados, ii) número y superficie promedio medio de áreas aptas por recurso, iii) número de áreas con densidades actuales inferiores al promedio histórico, iv) tasa de mortalidad natural, periodo de crecimiento y tamaño del stock proyectado.

La metodología para estimar la demanda potencial para repoblar la Bahía de Ancud, consistió en la aplicación de un algoritmo de cálculo del volumen de siembra requerido para un área en particular o para un conjunto de AMERB, y que se puede describir como:

$$Ns = \left( \frac{(d_{es} - d_{ob})}{\exp\left(-M\left[-\frac{1}{k}\left[\frac{Loo-Lc}{Loo-Ls}\right]\right]\right)} \right) * [N_{amr} * (pA_{ap} * A_{AMr})]$$

Donde:

- N<sub>s</sub> = Número de unidades a sembrar
- d<sub>es</sub> = densidad poblacional esperada a repoblar ind/m<sup>2</sup>
- d<sub>ob</sub> = densidad poblacional actual del AMERB ind/m<sup>2</sup>
- M = Tasa instantánea de mortalidad natural (1/año) (Jerez *et al.*, 1997)
- K = Coeficiente de crecimiento (1/año) (Jerez *et al.*, 1997)
- L<sub>oo</sub> = Talla asintótica de crecimiento (Jerez *et al.*, 1997)
- L<sub>c</sub> = Talla de cosecha mm (Jerez *et al.*, 1997)
- L<sub>s</sub> = Talla de siembra mm (Jerez *et al.*, 1997)
- N<sub>amr</sub> = Número de AMERB del recurso específico
- pA<sub>ap</sub> = Proporción del AMERB que es apta al recurso (simulado)
- A<sub>AMr</sub> = Superficie promedio del AMERB del recurso en m<sup>2</sup>

Los datos para el cálculo de las unidades del recurso de interés a sembrar en la Bahía de Ancud son: i) densidad esperada = 4 ind/m<sup>2</sup>, densidad observada actual = 0,16 ind/m<sup>2</sup>, M = 0,221, k = 0,167, L<sub>oo</sub> = 85,5 mm, L<sub>c</sub> = 55 mm, L<sub>s</sub> = 20 mm, N<sub>amr</sub> = 1 área, pA<sub>ap</sub> = proporción simulada del área a repoblar (80 por ciento) y A<sub>AMr</sub> = superficie total del área = 120 km<sup>2</sup>. Los datos de entrada anteriores determinaron que la bahía debería repoblar con 769 millones de almejas (*Venus antiqua*) de 20 mm, lo que es equivalente a 1 131 toneladas, en partidas aproximadas de 171 millones de

almejas anuales por un periodo de 4 a 5 años. Al final de la serie completa de siembra (desde el año 4 al 9) deberían extraerse anualmente cerca de 2 300 toneladas. En la actualidad, la bahía produce menos 1 300 toneladas anuales de almeja. La cuestión que surge inmediatamente de estas estimaciones tiene que ver con ¿cuál es la capacidad tecnológica para producir almejas en los volúmenes requeridos para llegar a impactar en la pesquería? y ¿cuál sería el costo – país de tal esfuerzo tecnológico? Contestar esta pregunta es prioritario para iniciar un programa efectivo de repoblación de gran extensión e impacto pesquero.

## CONCLUSIONES

En general, los bivalvos asociados a sistemas de cultivo permiten grandes volúmenes de producción, como: Ostión del Norte (*Argopecten purpuratus*), Ostra chilena y Japonesa (*Ostrea chilensis*, *Crassostrea gigas*) y Cholga (*Aulacomya ater*), Chorito (*Mytilus chilensis*) y Choro zapato (*Choromytilus chorus*). Por su parte, los bivalvos explotados en AMERB o en áreas de libre acceso, y que no posee una tecnología desarrollada, muestran bajos niveles de producción.

Cabe señalar que las acciones de repoblación se han efectuado, principalmente, a nivel experimental, en el marco de proyectos de investigación asociados a hatcheries pertenecientes a centros de investigación. Las iniciativas desarrolladas a nivel piloto son muy escasas, destacándose el trabajo de Stotz en macha (*Mesodesma donacium*) y de la Universidad Andrés Bello en erizo (*Loxechinus albus*). Estas iniciativas podrían escalarse a niveles comerciales y posteriormente, industriales, aunque aún está pendiente su evaluación en términos biopesqueros y socioeconómicos. Tampoco se han desarrollado programas permanentes de monitoreo que incorporen el estudio ecológico de las comunidades biológicas, la estimación de la capacidad de carga del hábitat y la cuantificación del nivel de éxito de las acciones de repoblación.

En este marco y a la luz de los análisis desarrollados, puede concluirse en términos generales que existen potencialidades de desarrollo en el tema de repoblación desde una perspectiva bio-tecnológica y de mercado. Para lo cual, los esfuerzos institucionales deben concentrarse en tres aspectos: i) cultivo masivo de moluscos bivalvos (almejas *sensu lato*), ii) acercamiento formal al mercado objetivo por parte del sector pesquero extractor artesanal y iii) ampliación de la plataforma de desarrollo AMERB para una llevar adelante un proceso de repoblación viable, la que evidentemente, conlleva a tomar en consideración todos los desafíos y oportunidades a abordar, para llegar a constituirse en una nueva línea de negocio.

Es importante consignar que hasta hoy no existen experiencias de desarrollo de esta línea en el ámbito comercial y por ende, no existen vías concretas de aprendizaje posible, que permitan asimilar y aplicar otras experiencias, como base para establecer metas exigentes, identificando iniciativas innovadoras, que entreguen herramientas para desarrollar mejoras en los procesos. Pero aún así, es evidente que estamos frente a una alternativa de desarrollo pionera para el sector pesquero chileno, que evidentemente podría convertirse en un proyecto-país innovativo, generador de importantes impactos, no solo a nivel biológico, sino que también en los ámbitos socio-culturales y económicos; generándole beneficios concretos a un sector productivo relevante para el país. En definitiva, la justificación de este programa esta dada por fundamentos bio-pesqueros y socio-culturales, tal como se detalla a continuación.

*Fundamentos bio-pesqueros:* Un programa de repoblación pretende contribuir a la conservación de recursos marinos bentónicos chilenos, que han estado sometidos a una intensa explotación en el pasado reciente.

*Fundamento socio-cultural:* Dado que el programa debe ser desarrollado por un grupo de pescadores para cada AMERB que lo requiera, se generarían beneficios

directos e indirectos, tanto para ellos como para sus familias y la comunidad local. Una consecuencia social inmediata sería evitar la emigración hacia otras comunidades costeras y aumentar el valor de la organización. También cabe consignar que la repoblación es una iniciativa que modifica el modelo de comportamiento productivo «cazador-recolector» por el modelo «cultivador-cosechador», destinado a ser una herramienta útil para la sustentabilidad del sector en el futuro.

### BIBLIOGRAFÍA

- Arntz, W., Brey, T., Tarazona, J. y Robles, A.** 1987. *Changes in the structure of a shallow sandy-beach community in Peru during an “El Niño” event. The Benguela and Comparable Ecosystems.* Payne, A.I.L., Gulland, J. A. and K.H. Brink (eds). *S. Afr. J. mar. Sci.* 5: 645–658.
- Augsburger, A. y Vega, R.** 1989. *Estudio de repoblamiento de recursos bentónicos. Área Piloto IV Región. VI. Transferencia de semillas del recurso OSTIÓN (Chlamys (Argopecten) purpurata) al medio natural.* Proyecto CORFO-IFOP p. 141–181.
- Avila, M., Otaíza, R., Norambuena, R., Núñez, M., Candía, A. y Pobrete, A.** 1994. *Desarrollo de tecnología de cultivo y repoblación de luga negra en la X Región.* Instituto de Fomento Pesquero - Corporación de Fomento de la Producción. SGI 94/9. 97 pp.
- Aviléz, O. y Jerez, G.** 1999. Gestión sustentable de recursos marinos bentónicos en caletas de la IV región. CIPMA. *Ambiente y Desarrollo*, 15(4): 6–10.
- Baros, V.** 1995. *Desarrollo de un módulo experimental de repoblación y manejo de recursos bentónicos en la comunidad pesquera artesanal de Arica.* Etapa de monitoreo. Instituto de Fomento Pesquero.
- Bustos, E.** 1988. Repoblación y cultivo de recursos bentónicos, una alternativa de desarrollo para el subsector pesquero artesanal. *Investigación Pesquera.* Chile. (35): 5–8.
- Castilla, J.C.** 1988. La problemática de la repoblación de mariscos en Chile: diagnóstico, estrategias y ejemplos. *Investigación Pesquera.* Chile. 35: 41–48.
- Castilla, J.C.** 1990. El erizo chileno *Loxechinus albus*: Importancia pesquera, historia de vida, cultivo en laboratorio y repoblación natural. *Cultivos de moluscos en América Latina:* 83–98.
- Cheung, W.** 2001. Restocking - an effective measures to restore the depleted fishery stocks in Hong Kong? University of Hong-Kong. Newsletter. *Porcupine*, 24: 12–14.
- Godoy, C. y San Martín, G.** 1988. Repoblación de *Loxechinus albus* (Molina) en la Décima Región (Chiloé). Informe Técnico. IFOP. Agosto, 1988. *Pesquerías Bentónicas.* 9 p.
- Godoy, C. y Troncoso, R.** 1990. *Recuperación de bancos de erizos sobreexplotados: Un experimento de repoblación en Chiloé.* Resúmenes. X Jornadas de Ciencias del Mar. 28–30 mayo, 1990. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago. p. 56.
- González, L. y Jerez, G.** 2001. *Plan Piloto de repoblamiento del Erizo (Loxechinus albus) en el Área de Manejo de Caleta Maitencillo, V Región*. Informe Técnico. Proyecto FONDEF D97I2012- IFOP. 44 p.
- Hardin, G.** 1968. *The tragedy of the Commons.* Science Wash., 162: 1243–1248.
- Jerez, G., Ehrhardt, N., Reyes, A. y González, Y.A.** 1997. *Evaluación indirecta del stock del recurso almeja (*Venus antiqua*) en la X región.* Pre-informe Final (en aprobación). Proyecto FIP N° 94–30. 43 p.
- Moreno, C.A.** 1986. Un resumen de las consecuencias ecológicas de la exclusión del hombre en la zona intermareal de Mehuín, Chile. *Estudios Oceanológicos*, 5: 59–66.
- Navarrete, S.A., Broitman, B., Finke, G.R., Sotomayor, A., Venegas, R. y Wieters, E.A.** 2002. Recruitment of barnacles and mussels in the southeast Pacific during and after the 1997–1998 El Niño. *Limnology and Oceanography*, 47: 791–802.
- Oliva, D. y Castilla, J.C.** 1990. 4.5 *Re población natural: el caso del loco Concholepas concholepas (Gastropoda: Muricidae), en Chile Central.* p. 275–295. En A. Hernandez (ed.). Cultivo de moluscos en Americalatina. Memorias Segunda Reunión Grupo de Trabajo Técnico. Ancud. (Isla Chiloé, Chile), noviembre 7–11, 1989.

- Pacheco, E.** 1993. Investigación repoblamiento de recursos bentónicos área piloto IV región. V Etapa. CORFO-IFOP (SGI-IFOP 93/8). 156 pp.
- Santelices, B.** 1988. *Necesidad de repoblación, métodos alternativos de cultivo y sugerencias de desarrollo del recurso pelillo (*Gracilaria* sp.) en Chile*. Investigación Pesquera. Chile. 35: 49–63.
- Stotz, W., González, S. y López, C.** 1992. *Siembra experimental del erizo rojo *Loxechinus albus* (*Molina*) en la costa expuesta del centro-norte de Chile: efectos del erizo negro *Tetrapygus niger* (*Molina*) sobre la permanencia y crecimiento de juveniles*. Investigación Pesquera. Chile. 37: 107–117.
- Stotz, W.** 2003. *Why restoration or stock enhancement?: growing needs for invertebrate fisheries in Chile*. Universidad Católica del Norte, Facultad de Ciencias del Mar, Grupo de Ecología y Manejo, Casilla117, Coquimbo. Workshop Internacional. PROYECTO FIP 2001–24 «Re poblamiento de bancos de macha en playa “Las Machas” de Arica, I Región» (Presentación oral).
- Wolff, M.** 1987. A Modification of Leslie's Method for Population Size Estimates, to Include the Effects of Natural Mortality. In: J. Munro (ed.). *ICLARM Fishbyte*, 5(2): 16–18.



# Uso del borde costero en el mar interior de la región de Aysén y de Los Lagos: escalas e interacción de los procesos de pesca y acuicultura

**Carlos Molinet**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*CIEN Austral*

*Puerto Montt, Chile*

*E-mail: cmolinet@uach.cl*

**Alejandra Arévalo**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*Puerto Montt, Chile*

**Manuel Díaz**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*Puerto Montt, Chile*

**Patricio Díaz**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*Puerto Montt, Chile*

**Molinet, C., Arévalo, A., Díaz, M. y Díaz, P.** 2008. Uso del borde costero en el mar interior de la región de Aysén y de Los Lagos: escalas e interacción de los procesos de pesca y acuicultura. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 237–247.

## RESUMEN

El borde costero es un recurso que está siendo muy demandado para la realización de actividades de pesca, acuicultura, turismo, portuarias y otras lo que impone como desafío el manejo sostenible de estos espacios. En Chile, el manejo y ordenamiento del uso del borde costero se está enfrentando a través de la creación de la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero, en la que participan diversas instancias gubernamentales. Uno de los principales objetivos de la comisión es promover el uso sostenible del borde costero de Chile y apoyar procesos de zonificación. Las actividades que se realizan en el borde costero chileno están reguladas por varios cuerpos legales que dependen de distintos ministerios, lo que puede ser mejor manejado a través de la Comisión, ya que en esta confluyen todos los actores. Por otro lado, algunas actividades específicas tales como la pesca bentónica (donde destacan los moluscos bivalvos) y la acuicultura han mostrado

algunas interacciones de competencia por el uso del borde costero, las que deben ser consideradas al poner en marcha un proceso de zonificación. En el presente trabajo se describe elementos del uso del borde costero asociados a actividades productivas como la pesca y la acuicultura en Chile y se analiza las escalas de los procesos de pesca bentónica y acuicultura, su relación intra e interespecífica y su efecto sobre los bancos naturales de recursos bentónicos (incluyendo bivalvos) en la región de Los Lagos y de Aysén. Finalmente, se sugiere fomentar el manejo tendiente a generar un proceso de retroalimentación entre la acuicultura de moluscos bivalvos y el manejo de bancos naturales de moluscos bivalvos.

### **ABSTRACT**

Coastal areas are a highly demanded resource for economic activities such as fisheries, aquaculture, tourism, port services and other activities which require sustainable development and management. In Chile, the management and territorial use of the coastal areas has been promoted by the creation of the National Commission of Coastal Zone Use with the participation of several governmental institutions. The principal objectives of this Commission are to ensure the sustainable use of the national coastal zone and support a zoning process. Economic activities carried out along the coastal zone of Chile are regulated by several laws and ministries, under the overall coordination of the Commission. On the other hand, activities such as benthic fisheries (including bivalve molluscs) and aquaculture have clear competitive interactions with other coastal users, which must be considered in any zoning process. This paper describes some elements that affect coastal zone use, with particular reference to benthic fisheries and aquaculture, their intra and inter specific relationship and their effect on natural benthic organisms (including bivalves) in southern Chile. Finally the author encourages the promotion of a joint management process through feedback between parties engaged in bivalve aquaculture and the management of natural resources.

### **INTRODUCCIÓN**

El borde costero es un recurso altamente demandado en el mundo para actividades como pesca, acuicultura, turismo, servicios portuarios, minería y otros usos. En este contexto, Chile fijó una «Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República» (D. S. N° 475 de fecha 14 de Diciembre de 1994, del Ministerio de Defensa Nacional), que busca ordenar la realización de actividades en el borde costero. Uno de sus principales objetivos es «proponer una zonificación de los diversos espacios que conforman el Borde Costero del Litoral de la República, teniendo en consideración los lineamientos básicos contenidos en la zonificación preliminar elaborada por el Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina».

Para efectos de zonificación se han tenido en consideración la clasificación de: i) Funciones exclusivas (preservación, destinación militar); ii) Funciones prioritarias (fragilidad ambiental, fragilidad ambiental sujeta a estudio, conservación, explotación minera y turismo; iii) Funciones preferentes (turismo, agropecuario, pecuario forestal, pecuario, forestal, agrícola).

Una de las áreas más demandadas para el uso del borde costero en los últimos 10 años en Chile, es el mar interior ubicado entre las regiones de Los Lagos y de Aysén en el sur de Chile. Estas representan alrededor del 50 por ciento de la línea de costa del país (Directemar, 2007), por lo que constituyen una extensiva superficie de espacio potencialmente disponible para actividades acuícolas.

El objetivo del presente trabajo es describir el marco general en el que se desarrolla el proceso de zonificación en Chile. Particularmente se analizan procesos en diferentes escalas espaciales que se consideran relevantes para la toma de decisiones de

ordenamiento territorial en relación a la pesca bentónica y la acuicultura y su efecto en la definición de los usos de áreas con bancos naturales de recursos bentónicos en el borde costero. Los resultados del proceso de zonificación en la región de Aysén son un buen ejemplo de lo que podría aplicarse en otras regiones de Chile, y eventualmente en América Latina, considerando los procesos antropogénicos y ambientales relacionados con el uso de los espacios en el territorio.

### MARCO LEGAL

Como se mencionó anteriormente el ordenamiento del uso del borde costero en Chile ha sido asumido por la «Política Nacional de Uso del Borde Costero del Litoral de la República» (D.S. N° 475–94) a través de la «Comisión Nacional del Uso del Borde Costero» (en adelante la Comisión) y las comisiones regionales. No obstante existen instrumentos de planificación relacionados como la Ley de Pesca y Acuicultura (Ley 18.892) que considera i) Áreas Apropiadas para la Acuicultura, ii) Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), iii) Distancia entre concesiones, etc. Por otro lado, existe un Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) que es administrado por el Ministerio de Agricultura a través de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y un Sistema de Áreas Protegidas Marinas que es administrado por la Subsecretaría de Pesca.

Todos estos elementos, más las actividades relacionadas con la construcción de caminos, construcción de viviendas, actividades portuarias, turísticas y otras deben ser coordinados por la Comisión, ya sea nivel regional y/o nacional. La estructura de este marco legal considera ministerios, subsecretarías y servicios públicos, los cuales interactúan en diferentes niveles a través de los instrumentos de planificación y las normas sobre el uso de territorio establecidos en las leyes (Figura 1).

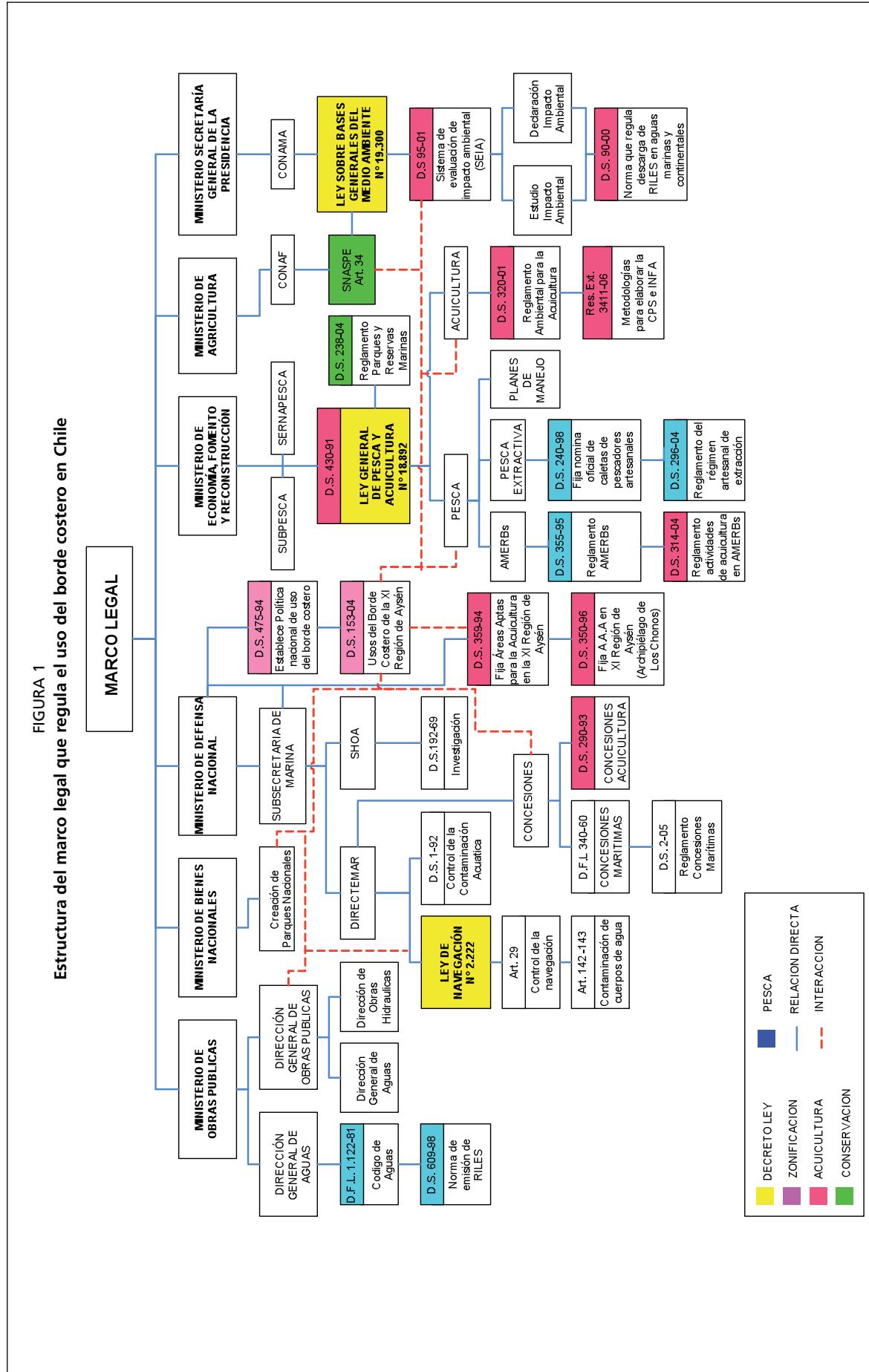
### LOS TERRITORIOS ADMINISTRATIVOS VS. LAS ESCALAS ESPACIALES DE LOS PROCESOS

Los problemas por uso del espacio pueden ocurrir a diferentes escalas dependiendo de las actividades relacionadas. Las divisiones administrativas del territorio al interior de un País tienen generalmente una visión política de éste coincidiendo en algunos casos con características morfológicas del territorio. Por otro lado en el ámbito de las pesquerías se han definido escalas en las que se observan los procesos (Orensanz y Jamieson, 1998).

En este contexto, se revisarán ejemplos de tres actividades que se desarrollan en diferentes escalas espaciales en el borde costero del mar interior de Aysén y que en algunos casos provocan conflictos por el uso del espacio:

- i) Una escala interregional que en el sur de Chile dio paso a un poblamiento característico (Martinic, 2005) condicionado por la explotación de recursos naturales que podría ser asociada a la macroescala sugerida por Orensanz y Jamieson (1998).
- ii) Una escala intraregional asociada a las AMERB que son áreas de pesca bentónica histórica solicitadas por los pescadores artesanales para su manejo y administración, que en la jerarquía de las escalas espaciales propuestas por Orensanz y Jamieson (1998) se ubicaría en la mesoescala, correspondiente al banco de pesca. En esta escala espacial se puede observar la organización e interacción de poblaciones locales en un contexto metapoblacional (Hanski y Simberloff, 1997).
- iii) Escala de los procesos de Pesca bentónica y Acuicultura: que son procesos más locales que abarcan hasta unas 30 ha, en las que se desarrollan actividades de acuicultura y de pesca. De acuerdo a Orensanz y Jamieson (1998), esta sería una mesoescala espacial, al igual que en el punto ii), si embargo se han sugerido diferencias de cobertura espacial en el proceso de pesca versus los bancos naturales de recursos bentónicos (Molinet *et al.*, 2007).

**FIGURA 1**  
**Estructura del marco legal que regula el uso del borde costero en Chile**



**Escala interregional:** Existen muchos casos en los que la división administrativa de los territorios no coincide o no considera los procesos biológicos, físicos ni antropológicos, que, principalmente en el último caso, producen conflictos por el uso del territorio en el mediano y largo plazo si no son diagnosticados y considerados.

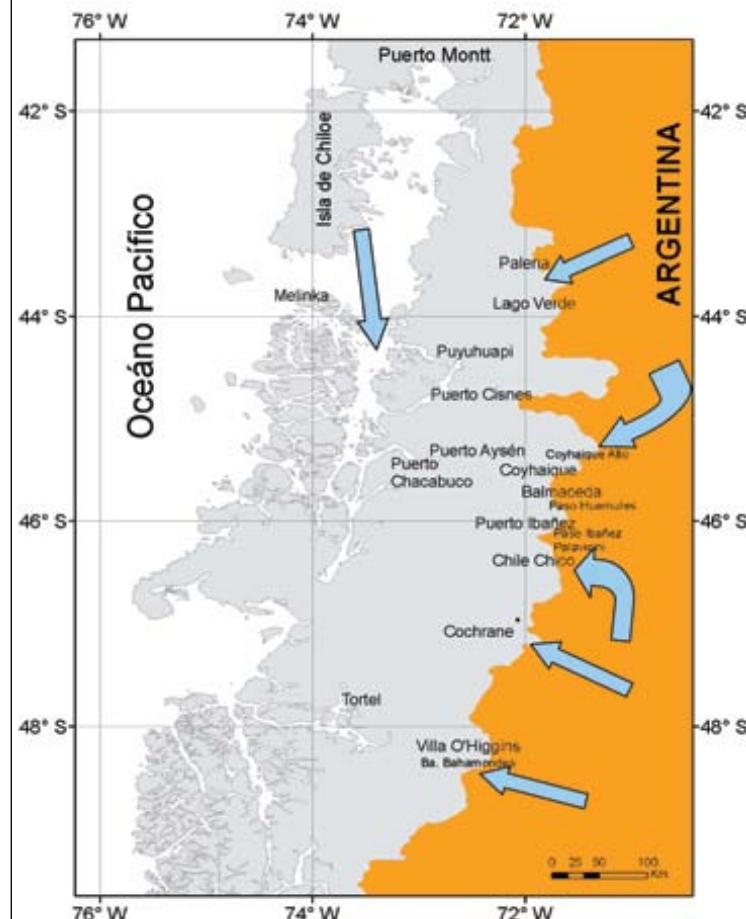
Uno de esos ejemplos lo constituye el uso del borde costero en el mar interior del Sur de Chile, específicamente al Sur de Puerto Montt y al Norte de la península de Taitao (Figura 2).

Esta zona está dividida por el Golfo Corcovado que constituye una frontera natural a las regiones administrativas de Los Lagos y de Aysén. El litoral norte de la región de Aysén presenta un particular patrón de poblamiento (Martinic, 2005). Según el curso de los movimientos migratorios y la constitución de los asentamientos humanos se reconocen dos ejes de poblamiento; un *Eje Insular* (se encuentran en él dos centros poblados: islas Guaitecas e islas Huichas, asentamientos de tradición chilota Huilliche, (en antigua zona canoera) y un *Eje Costero*, también conocido como ruta cordillera (desde la zona de Piti-Palena en el extremo norte hasta Puerto Aysén. Caracterizada por actividades de pesca relacionadas con la extracción de la merluza (Figura 2).

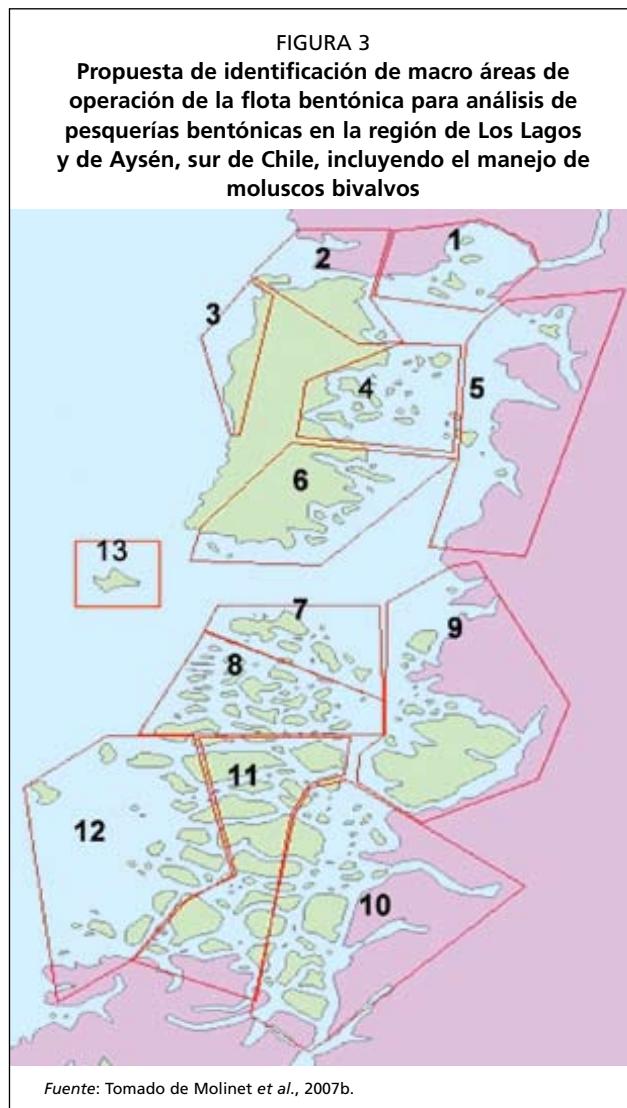
Hasta los años 80's la principal actividad económica del litoral de la región de Aysén fue la extracción de recursos bentónicos realizada por las flotas de la región de Los Lagos y la región de Aysén. Posteriormente surgieron otras actividades acuícolas tales como las pesquerías demersales y la acuicultura de salmonidos. Sin embargo, las pesquerías bentónicas mantuvieron una posición importante y una fuerte interacción entre las flotas bentónicas de ambas regiones, lo que desencadenó una crisis por el uso de los recursos en el año 2001 (Moreno *et al.*, 2006). Esta crisis condujo a la instauración de «El Plan de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de la Zona Contigua de la región de Los Lagos y región de Aysén» (Moreno, 2003) al alero de la Subsecretaría de Pesca. En este plan confluyeron todos los usuarios de las pesquerías bentónicas de la zona (pescadores, transportadores, compradores, industriales, investigadores y agentes públicos) lo que ha permitido avances importantes en el manejo de las pesquerías bentónicas en el sur de Chile y ha dado gobernabilidad al sistema hasta ahora.

La investigación en este ámbito ha permitido identificar de manera general macro áreas de pesca entre la región de Los Lagos y la región de Aysén identificadas considerando la puertos de origen de los usuarios, los recursos existentes y las características ambientales

FIGURA 2  
Ejes del poblamiento de la región de Aysén, destacando el eje insular y el eje costero (desde el Sur de la Región de los Lagos Insular y Continental) y desde la Patagonia Sur



Fuente: Adaptado de Martinic, 2005.



de las áreas, lo anterior basado en los estudios realizados por el Instituto de Fomento Pesquero, Chile. Este conocimiento podría ser usado para evaluar la aplicación de un sistema de manejo más localizado de los recursos y enmarcado en los procesos de ordenamiento territorial (Molinet *et al.*, 2007) (Figura 3). Al menos el análisis de los datos, considerando la identificación de las macro áreas sugeridas, ha permitido entender de mejor manera los procesos asociados a las pesquerías bentónicas, incluyendo los moluscos bivalvos.

**Escala intrarregional:** En este ámbito se observa el proceso de implementación de AMERBs, que son derechos territoriales solicitados por pescadores artesanales sobre áreas históricas de captura de recursos bentónicos, que tienen como objetivo manejar y administrar los recursos bentónicos del área (Moreno *et al.*, 1984; Castilla y Durán 1985; Moreno *et al.*, 1986).

Esta aproximación está fuertemente asociada al concepto de Metapoblaciones (Hanski y Simberloff, 1997), ya que se ha reconocido la existencia de conectividad entre poblaciones de recursos bentónicos. Este punto es relevante ya que a través de la teoría se establece que las AMERBs no son independientes entre sí biológicamente (González *et al.*, 2005) y que la hipótesis de

hábitat fuentes y sumideros (Pulliam, 1988; Wing *et al.*, 2003) puede ser observada. Sin embargo, esto contrasta con el manejo administrativo de las AMERBs hasta ahora, el que se realiza por parcelas (constituidas por cada área), sin considerar lo que sucede en las áreas aledañas.

Uno de los temas importantes en AMERBs tiene que ver con el repoblamiento de áreas que han sido sobreexplotadas, para lo cual se necesita información sobre la biología de los recursos y las características ambientales que permitan estudiar la conectividad entre sitios. En esta materia existen algunos avances en el conocimiento, sin embargo aún hay carencia de una aproximación más integral en relación a las AMERBs y persisten preguntas como ¿de donde vienen los nuevos asentados? o ¿cuán intenso debe ser el repoblamiento para recuperar poblaciones naturales o los llamados bancos naturales?

Algunos antecedentes señalan que el repoblamiento desde bancos naturales y la captación de semillas (para acuicultura) de especies nativas es aún una mejor alternativa que, por ejemplo, la obtención de juveniles en laboratorio (Andrew *et al.*, 2002). No sólo desde una perspectiva económica sino también desde la perspectiva de la conservación del patrimonio genético de las poblaciones naturales.

En este contexto se observa que aunque existen avances en la implementación de las AMERBs, hay aún asuntos importantes que mejorar para que esta medida de administración pueda ser considerada en régimen y a la vez se observe un impacto de ésta sobre las pesquerías bentónicas en su conjunto.

**Escala de los procesos de pesca bentónica y acuicultura:** El proceso de pesca de un recurso bentónico, es entendido como la secuencia de acciones, mediante las cuales el recurso es localizado, explotado y agotado por el esfuerzo de pesca (la flota), compuesta por unidades de pesca discretas (Orensanz y Jamieson, 1988). Este proceso se realizaría en una escala espacial restringida que oscila entre 35 y 500 m<sup>2</sup> (Molinet *et al.*, 2007b). A esta escala del proceso de pesca éste interactúa con la escala del proceso de acuicultura debido a las restricciones impuestas por la Ley de Pesca Chilena y además por las características propias de los parches de recursos dispuestos en una determinada superficie. La Ley de Pesca Chilena establece que: «no se podrá otorgar una concesión de acuicultura sobre un banco natural de recursos hidrobiológicos», mientras que las AMERBs pueden ser solicitadas sobre bancos naturales históricos. A la vez la misma ley establece que bancos naturales son «Áreas donde existen recursos hidrobiológicos», que a su vez son definidos como «organismos en cualquier fase de su desarrollo, que tengan en el agua su medio normal o más frecuente de vida y que sean susceptibles de ser aprovechados por el hombre» (Ley 19.492, Título VI Párrafo I).

Previa al análisis de las interacciones entre acuicultura y pesca bentónica se presenta una breve aproximación al concepto de banco natural propuesta por Molinet *et al.* (2007b).

La definición de *banco natural* ha sido propuesta en base a diversos criterios en la literatura (lamentablemente no desde una perspectiva cuantitativa que permita identificar esta unidad). Uno de ellos propone la existencia de sustrato apto para la presencia de alguna especie o recurso (Rogers-Bennett *et al.*, 1995; Andrew y O'Neill, 2000; Andrew *et al.*, 2002), que coincide con la proposición de hábitat esenciales para las especies objeto de la pesca, lo que requiere un conocimiento profundo de los hábitat que ocupan los recursos y sus interacciones con otras especies (DeLong y Collie, 2004).

Una caracterización de banco natural ha sido propuesta a partir de dos enfoques considerando: a) el proceso de pesca y b) información obtenida de AMERBs (Molinet *et al.*, 2007). Esta considera que un banco natural es «un conjunto de organismos de una misma especie que habitan una determinada superficie o extensión, en donde existe alta interacción (Hanski y Gilpin, 1991; Orensanz y Jamieson, 1998; Berryman 1999) y cuya composición y tamaño conlleva un aprovechamiento comercial histórico, actual o potencial asociado a criterios definidos por quienes le explotan».

Con estos enfoques se propuso la existencia de tres categorías de bancos, (banco operativo, banco potencial y banco mixto) que consideran al proceso de pesca como el principal referente de la presencia de un banco natural (Molinet *et al.*, 2007b).

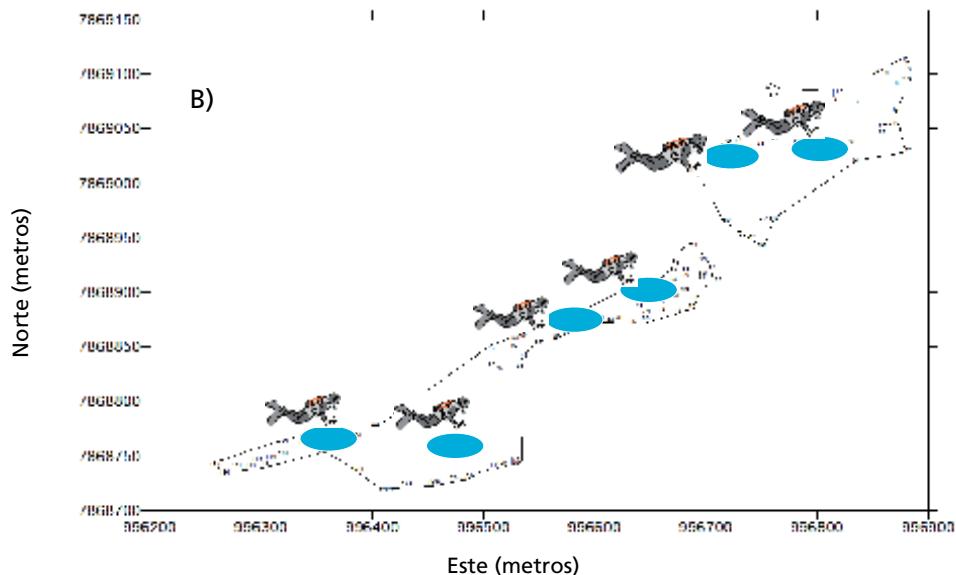
Por otro lado el enfoque desde el análisis de datos de AMERBs mostró que los parches de recursos naturales son de mayor tamaño que lo que se denomina el área pescada en una jornada de trabajo (Figura 4). Los procesos que afectarían la estructura y forma de estos parches están relacionados con la estructuración de hábitat, procesos biológicos, físicos y químicos y también el efecto general de la pesca, es decir, el proceso de pesca podría utilizar repetidas veces un banco identificado en las AMERBs, por lo que se sugiere que estos parches podrían ser más apropiadamente llamados *bancos naturales* (Molinet *et al.*, 2007b).

Las interacciones de la acuicultura con los bancos naturales de recursos bentónicos se observan en una escala de cientos de metros cuadrados (León, 2006), donde se han observado efectos de la sedimentación producida por la salmonicultura directamente sobre el fondo bajo las balsas-jaula (Soto y Norambuena, 2004) (Figura 5). De esta forma se estima que sobre bancos naturales la actividad de acuicultura tendría un impacto negativo directo, mientras que el efecto sobre bancos naturales aledaños no se ha reportado hasta ahora (Soto *et al.*, 1999; León 2006).

Por otro lado, el proceso de pesca también tiene un impacto sobre los bancos, lo que se observa a través de la eliminación de los organismos de mayor tamaño y la disminución de la densidad en las áreas en las que el proceso de pesca se desarrolla

FIGURA 4

A) Buzo mariscador cosechando un banco de cholgas (*Aulacomya atra*) en los canales de la región de Aysén. B) Esquema que muestra la extracción de recursos un parche de ostiones (*Argopecten purpuratus*) y la escala a la que operaría el proceso de pesca (círculos celestes) al interior del banco



Fuente: Molinet et al., 2007.

(Figura 6). Por lo tanto, se estima que tanto el proceso de pesca como la acuicultura contribuyen a la fragmentación de las poblaciones y que ambos son sinérgicos por lo que la definición de bancos debe considerar la existencia de estos dos procesos como eventuales causantes de fragmentación de las poblaciones.

### EL COMPLEMENTO ENTRE LA ACUICULTURA Y EL MANEJO DE MOLUSCOS BIVALVOS

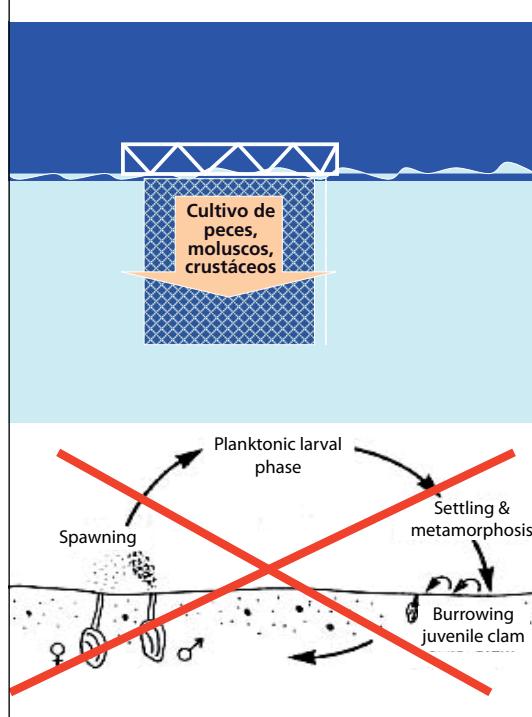
Los estudios realizados a la fecha en el sur de Chile indican que si bien los bancos naturales de moluscos bivalvos de importancia comercial tienen grados de explotación “avanzados” y que es muy probable que sus poblaciones hayan sido alteradas en sus números respecto a una condición preexplotación, aún es posible proponer programas de manejo que permitan conservarlas y aprovecharlas. Esta visión es relevante para la acuicultura ya que entre los principales problemas para la expansión del cultivo de moluscos bivalvos se menciona el abastecimiento de semillas.

Un ejemplo del costo que significaría el repoblamiento con semillas de hatchery lo constituye el estudio realizado en la Bahía de Ancud, donde se ha estimado que para repoblar bancos de almeja (*Venus antiqua*) en la bahía se necesitaría alrededor de 700 millones de almejas (Jerez y Figueroa, 2007). Este número de semillas implica un alto

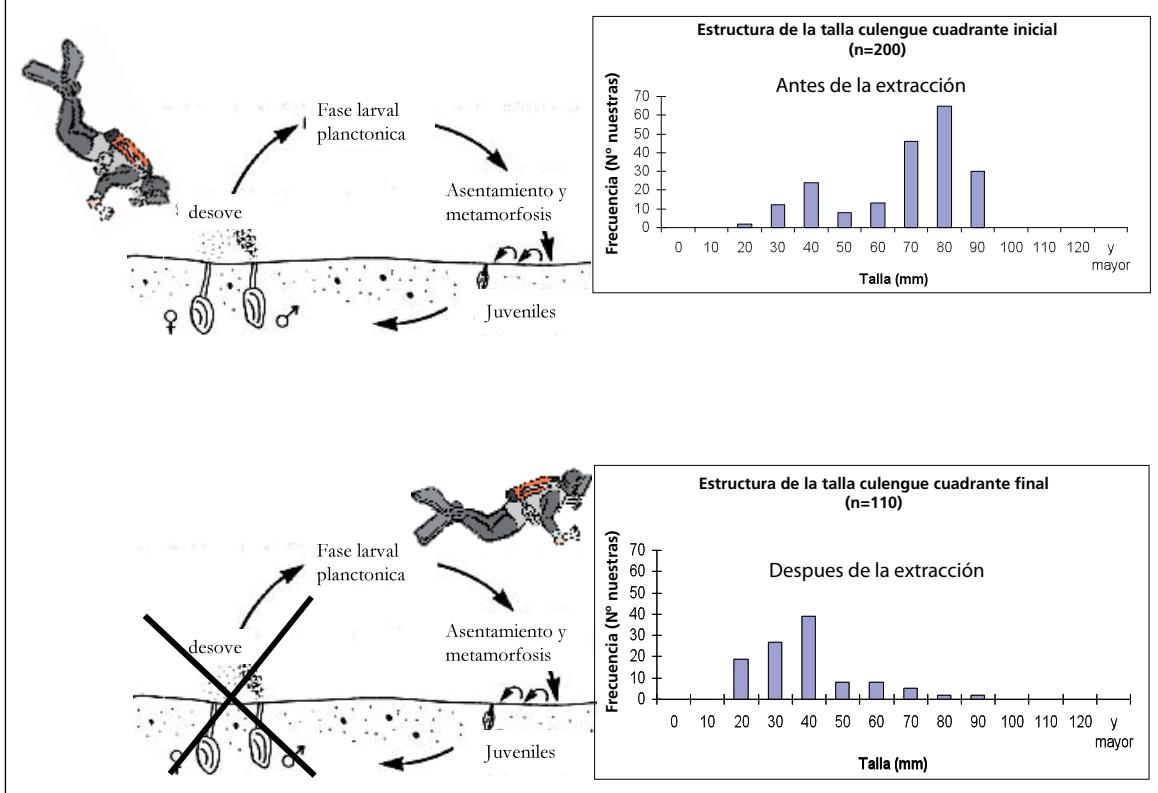
costo en infraestructura y operación, con resultados inciertos considerando los efectos sobre la genética poblacional y la sobrevivencia de las semillas. Este problema ya ha sido reportado por otros autores, destacando la «rentabilidad» tanto social, ecológica, genética y económica de aprovechar este servicio ecosistémico que pueden proveer los bancos naturales.

En resumen se sugiere que un uso adecuado de los recursos en el borde costero, con un marco legal que resguarde el patrimonio de diversidad económico y genético puede conllevar, a un uso y manejo sostenible de bancos naturales. El manejo exitoso de bancos naturales de moluscos bivalvos puede ser de un gran impacto para el desarrollo sostenible de la acuicultura de moluscos bivalvos, a través de la captación de semillas y la mantención de la heterocigocidad de las poblaciones, entre otros beneficios.

**FIGURA 5**  
Probable efecto del cultivo de peces y moluscos cuando son instalados directamente sobre bancos naturales de recursos bentónicos



**FIGURA 6**  
Efecto del proceso de pesca sobre bancos naturales de recursos bentónicos (en el ejemplo la almeja [*Gari solidia*] conocida como culengue en Chile)



## BIBLIOGRÁFÍA

- Andrew, N.L., Agastsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin, A.G., Creaser, E.P., Barnes, D.K.A., Botsford, L.W., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, D., Einarsson, S., Gerring, P.K., Herbert, K., Hunter, M., Hur, S.B., Johnson, P.K., Juinio-Meñez, M.A., Kalvass, P., Miller, R.J., Moreno, C.A., Palleiro, J.S., Rivas, D., Robinson, S.M., Schroeter, S.C., Steneck, R.S., Vadas, R.L., Woodby, D.A. y Xiaoqi, Z. 2002. Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanogr. Mar. Biol. Rev.*, (40): 343–425.
- Andrew, N.L. y O'Neill, A.L. 2000. Large-scale patterns in habitat structure on subtidal rocky reefs in New South Wales. *Marine and Freshwater Research* (51)(3): 255–263.
- Berryman, A. 1999. *Principles of population dynamics and their application*. Cheltenham, Stanley Thorne Ltd.
- Castilla, J.C. y Durán, L.R. 1985. Human exclusion from the rocky intertidal zone of central Chile: the effects on *Concholepas concholepas* (Gastropoda). *Oikos*, (45): 391–399.
- DeLong, A.K. y Collie, J.S. 2004. Defining Essential Fish Habitat: A Model-Based Approach. Rhode Island Sea Grant, Narragansett, R.I. 4.
- Directemar. 2007. La Costa. <http://www.directemar.cl/spmaa/maa-ES/Tareas/costa/costa.htm>
- González, J., Tapia, C., Wilson, A., Stotz, W., Orensanz, J.M., Parma, A., Valero, J., Catrilao, M. y Garrido, J. 2005. Bases biológicas para la evaluación y manejo de metapoblaciones de loco en la III y IV Regiones. Informe Final. FIP 2002–16. IFOP: 338.
- Hanski, I. y Gilpin, M. 1991. Metapopulation dynamics: brief history and conceptual domain. *Biol. J. Linn Soc.*, (42): 3–16.
- Hanski, I. y Simberloff, D. 1997. *The metapopulation approach, its history, conceptual domain, and application to conservation*. Metapopulation biology. In Hanski, M.E. San Diego, Academic Press.
- León, J. 2006. Sinopsis de los impactos y la gestión ambiental en la salmonicultura Chilena. Valdivia, WWF Chile: 84.
- Martinic, M. 2005 *De la Trapananda al Aysén*. Santiago (Chile).
- Molinet, C., Arevalo, A., Barahona, N., Ariz, L., González, J., Matamala, M., Henríquez, J., Almanza, V. y Fuentealba, M. 2007. Diagnóstico biológico-pesquero para recursos bentónicos de la zona contigua, x y xi region. F. d. I. Pesquera. Valdivia, Universidad Austral de Chile: 267.
- Molinet, C., Matamala, M., Arevalo, A., H., F., Niklitschek, E., Rosales, S., Codjambassis, J., Henríquez, J., Almanza, V. y González, M. 2007. Validación de la metodología de evaluación de bancos naturales de recursos hidrobiológicos y praderas de algas. Puerto Montt, Universidad Austral de Chile: 196.
- Moreno, C.A. 2003. Plan De Manejo Pesquería Erizo Zona Contigua (X–XI Region). Informe Final. Subsecretaría de Pesca. Valdivia, Universidad Austral de Chile: 37.
- Moreno, C.A., Barahona, N., Orensanz, J.M., Parma, A.M., Molinet, C. y Zuleta, A. 2006. *From Crisis to Institutional Sustainability in the Chilean Sea Urchin Fishery*: 43–67.
- Moreno, C.A., Lunecke, K.M. y Lépez, M.I. 1986. The response of an intertidal *Concholepas concholepas* (Gastropoda) population to protection from man in southern Chile and the effects on benthic sessile assemblages. *Oikos*, (46): 359–364.
- Moreno, C.A., Sutherland, J. y Jara, F. 1984. Man as a predator in the intertidal zone of southern Chile. *Oikos*, (42): 155–160.
- Orensanz, J.M. y Jamieson, G.S. 1998. The assessment and management of spatially structured stocks: an overview of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stocks Assessment and Management. En *Proceedings of the North Pacific Symposium on Invertebrate Stocks Assessment and Management*, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.
- Pulliam, H.R. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *Am. Nat.*, (132)(5): 652–661.
- Rogers-Bennett, L., Bennett, W.A., Fastenau, H.C. y Dewees, C.M. 1995. Spatial variation in red sea urchin reproduction and morphology: Implications for harvest refugia. *Ecol. Appl.*, (5)(4): 1171–1180.

- Soto, D., Molinet, C. y Jara, F.** 1999. Herramientas metodológicas para definir los usos de áreas con bancos naturales en XI región. Puerto Montt, Universidad Austral de Chile: 225.
- Soto, D. y Norambuena, F.** 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. *J. Appl. Ichthyol.*, (20): 493–501.
- Wing, S.R., Gibbs, M.T. y Lamare, M.D.** 2003. Reproductive sources and sink within a sea urchin *Evechinus chloroticus*, population of a New Zealand fjord. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, (248): 109–123.



# Aspectos biológicos y poblacionales de *Argopecten purpuratus* en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo

**Miguel Avendaño**

*Universidad de Antofagasta*

*Antofagasta, Chile*

E-mail: mavendano@uantof.cl

**Marcela Cantillánez**

*Universidad de Antofagasta*

*Antofagasta, Chile*

**Avendaño, M. y Cantillánez, M.** 2008. Aspectos biológicos y poblacionales de *Argopecten purpuratus* en la reserva marina La Rinconada: contribución para su manejo. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO *Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 249–266.

## RESUMEN

En septiembre de 1997, La Rinconada se convierte en la primera reserva marina de Chile, debido a su localización en el borde costero, a la significativa abundancia de *Argopecten purpuratus*, a las características biológicas de su población, y a las particulares condiciones hidrodinámicas del lugar. En los últimos años los muestreos regulares efectuados sobre esta población de ostiones han permitido conocer detalladamente el desarrollo del ciclo sexual, estimar la abundancia y la distribución de las larvas, estudiar la fijación de las post-larvas sobre su sustrato predilecto, el alga roja *Rhodymenia* sp. e implementar la captación de semillas en colectores artificiales. Los estudios realizados al momento de constituir la reserva, para establecer medidas de conservación, indicaron que este sitio es una zona natural de retención larvaria y de asentamiento de postlarvas de *A. purpuratus*. Gracias a este fenómeno, a las medidas de protección, y a la ocurrencia de un evento ENSO (El Niño/Oscilación del Sur) entre 1997–1998, la población se incrementó de  $6.1 \times 10^6$  ejemplares en 1997, a  $11.3 \times 10^6$  en 1999. Sin embargo, en años posteriores el número de ejemplares de esta reserva, ha variado debido a la extracción clandestina, que afecta a este banco, lo que ha impedido al igual que ocurre con bancos no protegidos en Chile, que las medidas de regulación impuestas por el Estado sobre el recurso, tengan los efectos deseados, demostrando, que el interés económico de corto plazo impuesto por las demanda, primaría sobre una conciencia de protección racional de más largo plazo.

## ABSTRACT

In September 1997, the La Rinconada area was declared a marine reserve, due to its location, abundance of *Argopecten purpuratus* and its unique hydrodynamics. Over the last few years, regular sampling carried out on this scallop population has permitted experts to gather data on its reproductive cycle, abundance estimates and larval distribution. The authors have also studied the accumulation of postlarvae on a preferred natural substrate, the red alga *Rhodymenia* sp., as well as the effects of mass juvenile scallop seed collection using the Japanese-type collectors. Research carried out in the Reserve has focused on the management of the scallop populations and this has proved beneficial to the country. The primary goal has been to evaluate its potential as a constant, self-renewing source of seed scallops for use in aquaculture, since the area is well adapted for retention of larvae produced by the resident scallop population. Protective measures, aided by environmental conditions resulting from the 1997–98 ENSO (El Niño/Oscilación del Sur) events, promoted an increase in the natural banks from  $6.1 \times 10^6$  scallops in 1997 to  $11.3 \times 10^6$  individuals in 1999. In subsequent years however, oscillations in population numbers within the Reserve, due to illegal harvesting, have placed in doubt the continued success in the achievement of the primary goal stated above. The illegal extraction which affects these scallop beds has produced, similarly to that occurring in other (unprotected) Chilean scallop banks, a patent disregard for legislated national policy established for the protection and conservation of this marine resource. As noted, the application of harvesting restrictions on the commercialization of marine resources in Chile are not fully respected by the fishermen who, rather than following regulations designed to protect the resource and maintain it as a long-term renewable source of income, prefer to extract the more immediate economic benefits obtainable in the short-term.

## INTRODUCCIÓN

El Ostión del Norte, *Argopecten purpuratus*, es un Bivalvo, Pectinidae, distribuido a lo largo de las costas del Pacífico de Perú y del Norte de Chile, entre Paita ( $5^\circ$  S,  $81^\circ$  W) y Valparaíso ( $33^\circ$  S,  $71^\circ$  W; Boré y Martínez, 1980). Antiguos bancos han sido encontrados más al Sur, hasta la bahía de San Vicente, Chile ( $37^\circ$  S  $73^\circ$  W) (Wolff y Mendo, 2000). *A. purpuratus*, sería una especie reliquia de la fauna tropical a subtropical que colonizó la zona costera de Perú y Chile en el Mioceno (Wolff, 1987). Los tres principales bancos de *A. purpuratus*, a lo largo de la costa chilena están localizados en las bahías de Mejillones del Sur ( $23^\circ 54'$  S), de La Rinconada (II Región, Antofagasta;  $23^\circ 28'$  S), y de Tongoy ( $30^\circ 14'$  S). La explotación de estos bancos ha sido máxima a comienzos de los años 80, con 4 997 toneladas (peso fresco, PF), desembarcados en 1985 donde el 82,3 por ciento provenía de los dos bancos de la II Región (Mejillones y La Rinconada) (Avendaño y Cantillánez, 1996, 1997a, 2003; Avendaño *et al.*, 2001b). Esta presión de pesca, condujo rápidamente a una disminución de los tonelajes desembarcados en años posteriores, obteniéndose sólo 492 toneladas en 1987, a pesar de un esfuerzo de pesca idéntico (Avendaño, 1993). El cierre de la pesquería en 1988, en razón a la disminución alarmante de los stocks naturales (Avendaño y Cantillánez, 1997a; Stotz y Mendo, 2001), condujo a un rápido desarrollo de la pectinicultura intensiva (Disalvo *et al.*, 1984), adoptando la tecnología desarrollada en Japón para *Pecten yessoensis*, lo cual ha permitido alcanzar 24 577 toneladas PF en el 2004, sin embargo, pese a esta cifra excepcional de producción, en la última década las producciones generalmente han oscilado entre 16 000 y 20 000 toneladas PF (Figura 1). El stock natural de ostiones en 1988 no representó mas del 10 al 15 por ciento del stock total de ostiones en Chile, estando la biomasa esencialmente concentrada en los centros de cultivo lo que demuestra la urgencia de proteger los bancos naturales a fin de preservar la diversidad genética de esta especie (Stotz, 2000).



Por otro lado, después de cerca de dos décadas de haberse iniciados los cultivos comerciales de ostiones en Chile, esta actividad enfrenta serios problemas los cuales se centran por una parte, en el abastecimiento de semillas, problema que se ha transformado en un «cuello de botella» para incrementar sus volúmenes de producción, dado los pobres resultados obtenidos en los hatcheries cuyo abastecimiento no supera el 10 por ciento del total de semilla utilizada (Gajardo *et al.*, 1996; Le Pennec *et al.*, 1998; Abarca 2001; Avendaño *et al.*, 2001a; Stotz y Mendo 2001). Este tipo de dificultades no es solo de *A. purpuratus*, sino que lo presentan la mayoría de los pectínidos que se cultivan a nivel mundial, los cuales muestran importantes fluctuaciones anuales incompatibles con la exigencia de las necesidades económicas y que traducen la dificultad del dominio de estas instalaciones, ciertas épocas del año parecen más favorables que otras para la producción larvaria, pero frecuentemente el ciclo de cultivo es interrumpido antes o después de la metamorfosis, por razones diversas como por ejemplo, la nocividad de bacterias y por el acondicionamiento de los reproductores (Le Pennec, 1997).

El diagnóstico realizado por la Subsecretaría de Pesca, en base a los antecedentes aportados por (Wolff y Alarcón, 1993; Cantillánez y Avendaño, 1993; Avendaño y Cantillánez, 1996), señalaban que aún hasta 1995 no era posible sustentar una pesquería artesanal masiva en el largo plazo de este recurso, dado que la mayoría de los bancos existentes eran pequeños, estaban compuestos por individuos bajo la talla comercial y, además, el recurso presenta una alta vulnerabilidad a las condiciones oceanográficas y una alta accesibilidad a la extracción no controlada. Más aún, dada la fuerte presión extractiva clandestina existente, los bancos naturales subsistentes se encontraban en una situación de peligro de colapso, al no tener las medidas tradicionales de aplicación de vedas sobre el recurso, los resultados esperados. Frente a ello, la Subsecretaría definió tres objetivos específicos de administración que podrían contribuir a resolver la situación delicada de degradación y colapso que este recurso presentaba, y así evitar las consecuencias negativas sobre el sector, tanto artesanal como acuicultor (I.T. N° 70, SUBPESCA, 1995), estos objetivos fueron:

- Restaurar y conservar los principales stocks silvestres de este recurso, con el propósito que sustenten actividades productivas;
- Impulsar la actividad productiva a través del Cultivo y de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos; y
- Conservar la diversidad genética de stocks silvestres seleccionados, estableciendo reservas genéticas para esta especie.

Sobre la base de estos objetivos, se definió una estrategia de administración, que entre otros priorizaba acciones en aquellos bancos que presentan una o más de las siguientes características:

- población de alta variabilidad genética de modo de obtener una calidad genética óptima de ejemplares cultivados;
- áreas apropiadas para la captación de semillas;
- bancos con densidades apropiadas que permitan servir de base para el repoblamiento de otros bancos sobre-expLOTados;
- propiciar la creación de reservas marinas, principalmente como reservas genéticas del recurso, administradas con la participación del sector privado e instituciones de investigación.

Frente a esta estrategia de administración, y en base a los estudios que confirmaron que el sector de La Rinconada localizada en el borde costero de la Región de Antofagasta, sostiene uno de los bancos más importante de *A. purpuratus* de Chile, el cual facilita el estudio de aspectos diversos del ciclo de vida de este pectínido (Avendaño, 1993; Avendaño y Cantillánez, 1992, 1997b), La Rinconada se convierte en la primera reserva marina de Chile, mediante Decreto Supremo N° 522, en septiembre de 1997. Esta reserva a través de un sistema de protección y un plan de conservación de *A. purpuratus*, debería permitir la recuperación gradual de sus niveles de abundancia históricos, dando inicio a un programa permanente de captación de semilla, destinada a potenciar su recuperación, y con sus excedentes abastecer las necesidades de semilla del sector pesquero artesanal, para repoblar sus áreas de manejo, así como para satisfacer parte de la demanda de las actividades de cultivo que se realizan en Chile, que dependen principalmente de la captación natural (Abarca, 2001).

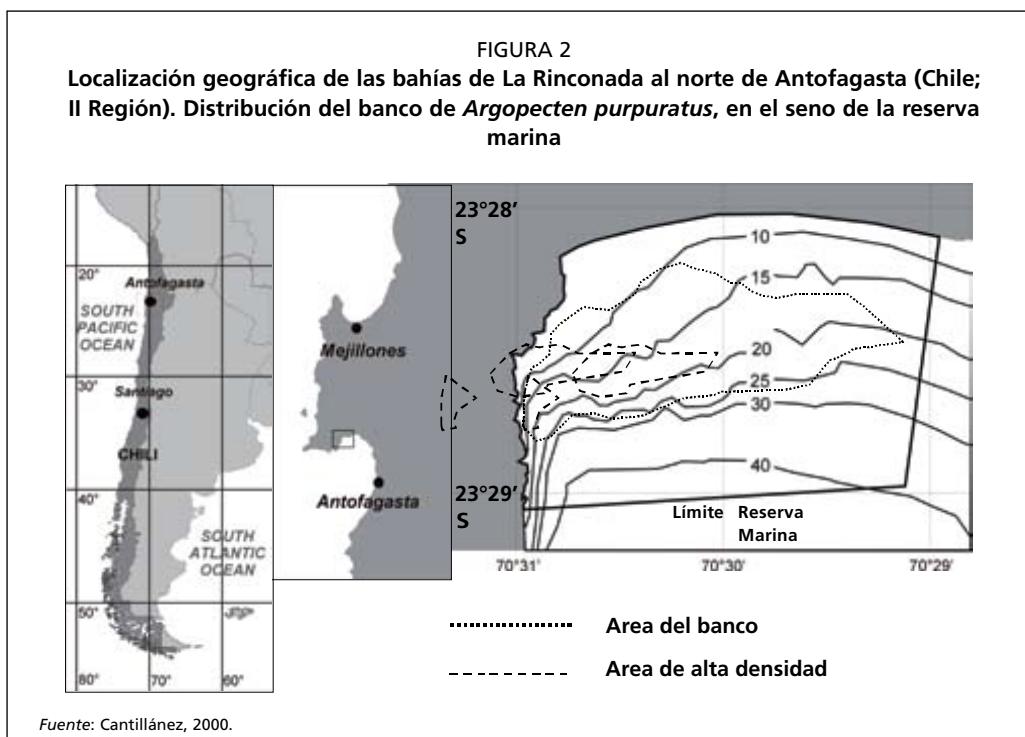
Se presentan a continuación los resultados obtenidos a través de los estudios realizados sobre *A. purpuratus* en esta Reserva Marina, los cuales han permitido contribuir con un conocimiento más profundo de factores escasamente estudiados en esta especie, responsables de la viabilidad tanto de sus larvas como de sus post-larvas, reclutas y adultos, a través del tiempo, necesarios para implementar programas efectivos de abastecimiento de semillas.

## Área de estudio

### *Ambiente físico de la zona de estudio*

La bahía de Antofagasta (Figura 2) posee una zona costera que se caracteriza por la presencia de vientos de moderada intensidad que fluyen desde el Sur y Suroeste, aunque con inversiones dentro del ciclo diario debido al rápido intercambio de calor entre el mar y el continente.

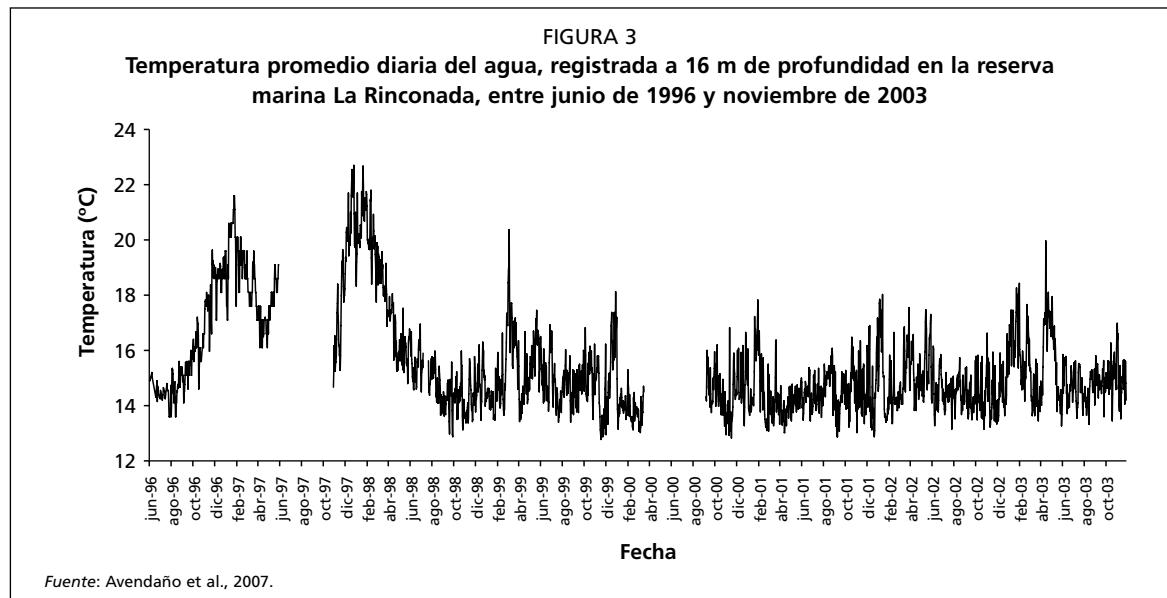
Desde un punto de vista oceanográfico, la zona corresponde a un ambiente de transición sub-tropical. Su orientación geográfica hacia el Sur y Suroeste y su posición latitudinal la exponen a la confluencia de varios tipos de masas de agua. Entre ellas, predomina durante un año normal, la masa de agua Sub-Antártica (ASA), que domina los 200 m superiores de la rama norte de la corriente fría de Humboldt. En la zona las aguas ASA se mezclan con una menor proporción de aguas sub-tropicales (AST), de mayor salinidad y temperatura y periódicamente con aguas más frías que provienen de mayor profundidad, correspondientes a aguas ecuatoriales sub-superficiales (AESS), que ascienden hacia la costa debido a procesos de surgencia inducida por los vientos Sur y Suroeste. Estas características de un año normal se irrumpen debido a variaciones interanuales inducidas por El Niño (anomalía Térmica positiva) y La Niña (anomalía térmica negativa). Durante El Niño se espera la presencia de aguas oceánicas que ingresan a la costa y se estancan en el interior de la bahía, debido al debilitamiento de la corriente de Humboldt, mientras que en un año frío se espera una alta advección de dominancia de las ASA.



### Asociación físico-biogeoquímico-biológico en La Rinconada

Los vientos del sur-oeste dominantes que afectan el área de La Rinconada, generan una corriente residual dirigida hacia el norte, pero la topografía de la bahía hace que las corrientes permitan la formación de una zona de retención (giro) de aproximadamente 5 Km de diámetro hacia el oeste de la bahía. Esta zona de retención se localiza sobre o en las proximidades inmediatas de la zona de fuerte densidad de *A. purpuratus*. Su posición y su extensión dependen de la dirección y de la fuerza de los vientos. Los tiempos de residencia de las masas de agua en la bahía, varían de 4 a 12 días en verano, contra 2 a 24 días en invierno (Avendaño *et al.*, 2004). La influencia del Niño y de la Niña, modifica la circulación de las masas de agua y perturba las subidas de aguas frías (upwellings) a lo largo de las costas del norte de Chile. Ellas ocasionan, principalmente, variaciones muy importantes de la temperatura del agua, ej. un período «caliente» en 1997/98 (anomalía positiva de +4 °C), seguido de un período frío desde mediados de 1998 y comienzos de 2000 (anomalía negativa -1 °C). La diferencia de temperatura estival entre los últimos eventos del Niño y de la Niña registrados en esta Bahía, ha sido de 8 °C (Figura 3). Por otra parte, existen variaciones intra-diarias fuertes de temperatura del agua de fondo.

La existencia de zonas de surgencias de aguas frías (upwelling) al sur y al norte de La Rinconada, permiten la incorporación regular de sales nutritivas a las aguas de superficie durante gran parte del año. La evolución temporal del contenido de sales nutritivas muestran la existencia de períodos donde los nutrientes son agotados, especialmente los silicatos (Cantillánez, 2000). Las inyecciones regulares de sales nutritivas en las aguas de superficie permiten el desarrollo de blooms fitoplanctónicos a lo largo de todo el año, con concentraciones en clorofila-a <12 ug/l generalmente, pero pueden alcanzar 20 ug/l (Cantillánez *et al.*, 2005). Hasta el 2003, el estudio de la composición específica de los blooms, muestran que las diatomeas son dominantes sobre los flagelados algunos períodos del año, y que los dinoflagelados tóxicos son poco abundantes (Avendaño *et al.*, 2004). Después de fines del 2003, sin embargo un recrudecimiento de blooms de dinoflagelados (*Prorocentrum*) han sido observados en períodos estivales, con un apogeo en los últimos años, que se extendió desde fines de noviembre de 2005 a febrero de 2006.



### Características poblacional *A. purpuratus* en la reserva

#### Recursos hidrobiológicos presentes

La situación ambiental de la reserva La Rinconada es la de una rica y compleja asociación de especies, siendo la más relevante *A. purpuratus*, que conforma uno de los bancos más importantes de Chile. En este ecosistema la presencia de este recurso se da en compleja interacción con otras especies de la fauna – algunas también de valor comercial, como navajuela (*Tagelus dombeii*), almeja fina (*Transennella pannosa*), locate *Thais chocolata*, pulpo (*Octopus mimus*), jaiba (*Cancer polyodon*), y lenguado (*Paralichthys adspersus*) (Avendaño *et al.*, 2004). Recientes estudios realizados en este lugar han permitido caracterizar la existencia de dos subsistemas presentes en el ecosistema bentónico de esta reserva, constituidos por diferentes agregaciones de especies comerciales y no comerciales. En uno de estos sobresale la notable biomasa de ostiones, en cambio, en el segundo dominan otras especies tales como navajuela y la almeja fina (Avendaño *et al.*, 2007c).

*T. pannosa*, junto a *T. dombeii*, son los únicos competidores espacio trófico de importancia de *A. purpuratus*. Otras especies identificadas en el área de distribución de ostiones, son otros Crustáceos Decápodos como *C. porteri*, *C. edwardsii*, *Mursia gaudichaudi* y *Hepatus chilensis*; y también *Paraxanthus barbiger*, *Eurypanopeus crenatus* y *Pilumnoides perlatus*, que depredan activamente a las post-larvas y semilla de ostiones. Otro grupo importante de potenciales predadores del recurso en esta reserva, son Echinodermos como *Heliaster helianthus*; *Luidia magellanica* y *Meyenaster gelatinosus* (Avendaño *et al.*, 2004).

La asociación pélago-bentos de *A. purpuratus*, demostró que los ostiones ingieren una serie de componentes del fitoplancton, como diatomeas, dinoflagelados y fitoflagelados, y también, otros componentes incluyendo partículas de arena de hasta 255 µm. Dentro de los componentes que se han identificado en las biodeposiciones se encuentra: *Achnanthes longipes*; *Coscinodiscus* sp.; *Cylindrotheca closterium*; *Dactyliosolen fragilissimus*; *Grammatophora marina*; *Leptocylindrus danicus*; *Nitzschia pseudoseriata*; *Navicula ammophila* y *Navicula* sp., mientras que a nivel de dinoflagelados se identificó a *Prorocentrum micans* y *Pyrocystis lunula*. Los otros componentes agrupa además de las partículas de arena a: Cianobacteria (Oscillatoria); Espículas de Espongiarios; Foraminífera; Variados estados larvales de poliquetos, incluyendo trozos de ejemplares adultos; Trozos de larvas Zoeas; Protozoos (Tintinnidos); Fragmentos y esporas de algas Rodofíceas; esporas de algas Clorofíceas y trozos de Amphípoda.

### Distribución de *A. purpuratus*

El banco de La Rinconada, ha variado su superficie de distribución en los últimos años, entre 225 a 275 há, sobre un fondo de arena fina a media, colonizada por alga roja *Rhodymenia* sp. En el sector Nor-Oeste de la bahía, se puede distinguir una zona central de fuerte densidad de ostiones (9–15 individuos/m<sup>2</sup> en promedio), y una zona periférica de baja densidad (1–3 ind/m<sup>2</sup> en promedio; Figura 2, obtenida de Cantillánez 2000, Avendaño y Cantillánez, 2005).

Las evaluaciones anuales del tamaño del banco, confirman una conducta sedentaria (Avendaño y Cantillánez, 1996), encontrándose la mayor parte de los individuos agregados en el centro. Este tipo de distribución agregada es común en pectínidos, señalándose la existencia en bancos explotados comercialmente, de unidades importantes de «stock», que corresponden a áreas con un grado de continuidad espacial y similares densidades internas significativamente más altas que las de las áreas que las rodean (Caddy, 1989).

La abundancia de ejemplares, también ha mostrado una variabilidad interanual, con cifras que han variado entre  $10,1 \times 10^6$  el 2001;  $8,2 \times 10^6$  el 2002; y  $12,4 \times 10^6$  el 2003. Estas evaluaciones también han mostrado, una caída en la talla media de la estructura demográfica del banco entre un año y otro, reduciéndose de 75,8 mm en el 2001, a 62,1 mm en el 2002 y a 51,7 mm el 2003. La disminución, también afectó a los ejemplares mayores o iguales a la talla mínima legal (90 mm), reduciéndose de  $2,6 \times 10^6$  presentes en el 2001, a  $3,7 \times 10^5$  ejemplares en el 2003. Al aplicar parámetros de crecimiento sobre la estructura poblacional, del banco entre el 2002 y el 2003, se observa la integración de una nueva clase anual de  $6,5 \times 10^6$  de ejemplares en el 2002 y de  $11,2 \times 10^6$  individuos en el 2003, sin embargo, el descuento de estas cifras, del total de ejemplares presentes ambos años, demuestra una pérdida cercana a los  $8,4 \times 10^6$  ostiones en el 2002 y de cerca de  $7,0 \times 10^6$  individuos en el 2003, por actividades de pesca clandestina (Avendaño y Cantillánez, 2005). Actividad que estaría impidiendo que las medidas de regulación impuestas por el Estado chileno sobre la explotación de *A. purpuratus*, tengan los efectos de recuperación deseados, y que la reserva permita explotar razonablemente a este recurso, bajo normas de conservación.

### Estimación de parámetros de crecimiento

A partir de experimentos de marcaje y recaptura de ostiones (Avendaño y Cantillánez, 2005), se estimaron los parámetros de crecimiento para *A. purpuratus* en la Reserva, mediante métodos gráficos de acuerdo a Gulland y Holt (1959).

Los resultados señalaron una longitud infinita para *A. purpuratus* en la reserva de 120,38 mm, con un coeficiente K de 0,9668, indicando que un individuo pueda alcanzar los 90 mm de talla en 17,2 meses.

### Relación longitud peso

A través del ajuste a la función potencial mediante el método de los mínimos cuadrados, se obtuvo la relación longitud peso de los ostiones de La Rinconada, la que se ajusta a la siguiente función (Avendaño *et al.*, 2004):

$$Wt = 0.0001 * Lt^{3,0416} (r^2 = 0,9912)$$

### Ajuste del modelo logístico de madurez sexual

La estimación de la talla de madurez sexual ( $I_{50}$ ) a través de la regresión no lineal para estimar la bondad de ajuste del modelo logístico, permiten señalar que la talla en que el 50 por ciento de los individuos de la población de ostiones de La Rinconada están sexualmente maduros ( $I_{50\%}$ ) es de 58,6 mm (Avendaño *et al.*, 2004).

## Características biológicas de *A. purpuratus* en la reserva

### Análisis de la estructura genética de la población

En los moluscos se ha demostrado que el grado de heterocigocidad puede estar asociado con el metabolismo de base de los organismos, y que los individuos heterocigotos son capaces de reducir sus costos energéticos de manera significativa respecto a los individuos homocigotos. Esta reducción de las necesidades energéticas, son el resultado de un mejor funcionamiento de aloenzimas codificadas por los genotipos heterocigotos. De esta manera la tasa de proteínas necesarias en el metabolismo de base, son disminuidas, y en consecuencia una economía de energía, en términos de moléculas de ATP se realiza.

Esta forma de operar en los individuos heterocigotos, les permite disponer de una reserva de energía que puede ser utilizada en otros procesos fisiológicos, como son el crecimiento somático, la resistencia al ayuno, y el crecimiento germinal (reproducción). En los Pectínidos las reservas energéticas se acumulan preferentemente en el músculo durante el crecimiento ponderal y de esta manera crecen; esto es de sumo interés sobre el plano biológico respecto a la movilidad de los individuos y una gametogénesis rápida, como la que presenta la población de *A. purpuratus* de esta reserva marina (Avendaño y Le Pennec, 1996, 1997; Cantillánez *et al.*, 2005), cuyo análisis por electrofóresis enzimática, sobre muestras de músculo y glándula digestiva (Avendaño, 1993; Moraga *et al.*, 2001), permitió caracterizar que esta población presenta una tasa de polimorfismo del 80 por ciento. Esta tasa junto a su biometría (Moraga *et al.*, 2001), permite considerar que los individuos de La Rinconada por su heterocigocidad y el mayor rendimiento del músculo a una talla comercial de 90 mm, son sumamente importantes para el desarrollo de la acuicultura y el repoblamiento de otras áreas, que permitiría no solamente mejorar los organismos presentes en ellas por efecto de heterosis, sino que además deberían presentar una mejor adaptación, al presentar un mejor vigor híbrido.

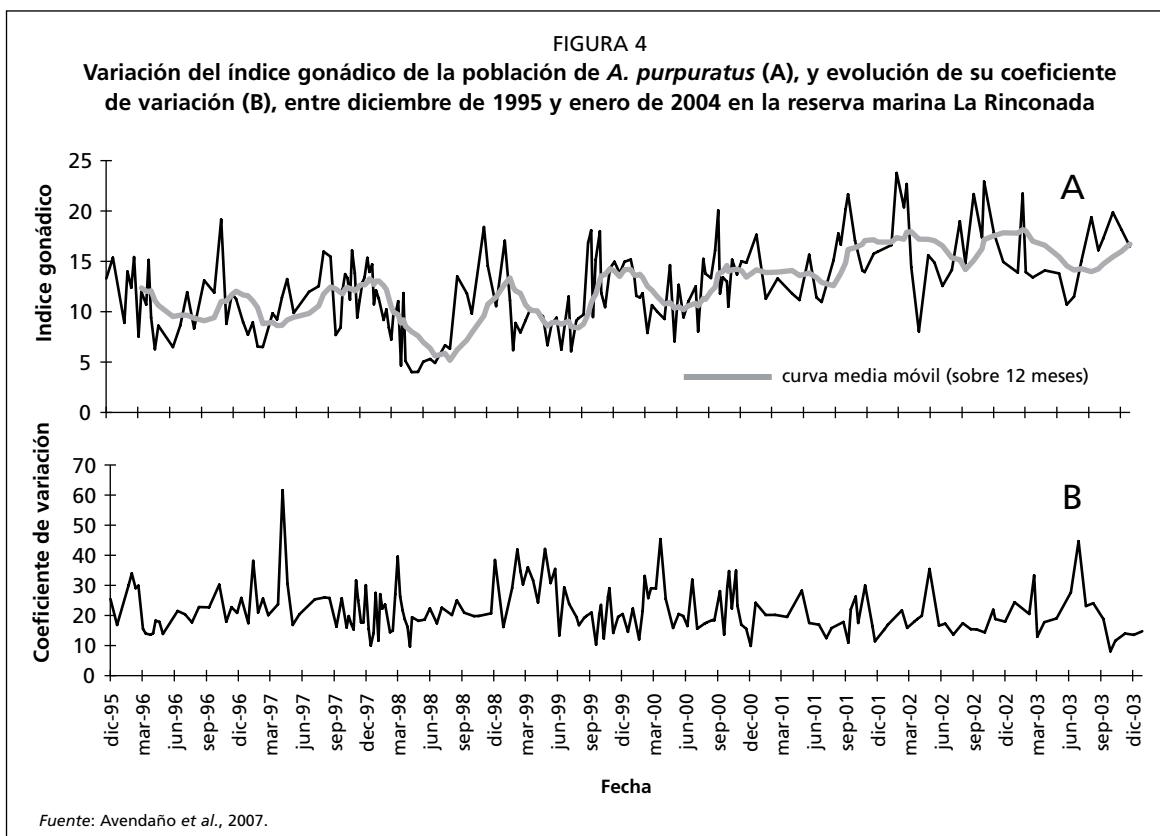
### Ciclo reproductivo de *A. purpuratus* (Rinconada)

Índice gonadosomático – Las variaciones de índice gonadosomático (IG) de *A. purpuratus*, registrado entre diciembre de 1995 y enero de 2004 (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2005; Avendaño *et al.*, 2008), muestra evacuaciones de gametos a lo largo de todo el año (Figura 4), y la ausencia de períodos prolongados de reposo sexual.

Anualmente un período de alta actividad reproductiva, acontece entre septiembre y abril de cada año, con descensos bruscos del índice seguidos por una rápida recuperación. Un desove significativo ocurre en el transcurso de octubre, pero los de mayor importancia acontecen en noviembre-diciembre. Un período de menor actividad reproductiva caracteriza a la población durante los meses de otoño e invierno (junio-agosto), en la que se producen pequeñas variaciones del IG.

Sincronía del proceso reproductivo – El valor promedio del coeficiente de variación del IG durante el período 95/04 (Avendaño *et al.*, 2008), fue de un 21,8 por ciento, lo que indica un alto sincronismo en los eventos reproductivos que ocurren en esta población. Sin embargo, gráficamente es posible observar que el grado de sincronismo interindividual presenta variaciones estacionales fuertes y rápidas: generalmente el otoño (marzo a mayo) constituye un período de desincronización mayor seguido de un sincronismo invernal rápido (Figura 4).

La asincronía observada en los desoves registrados en esta población de *A. purpuratus*, permite apoyar la hipótesis de que la emisión de gametos de grupos de individuos dentro de la población total, forman parte de la estrategia reproductiva de esta especie, en respuesta al ambiente variable en el que se encuentran, asegurando así, que al menos parte de los grupos larvales generados logren sobrevivir y alcanzar el asentamiento. Ambientes que presentan altas temperaturas pueden contribuir a una mayor sincronía en los desoves intensos de *Placopecten magellanicus*, pero si las condiciones del medio



no son ideales para un desove sincrónico, los ejemplares adoptan una estrategia “gota a gota” (desove asincrónico), aumentando la posibilidad de que al menos algunas larvas puedan sobrevivir (Barber y Blake, 1991). Este tipo de estrategia, ha sido corroborada por medio de análisis histológicos, por Avendaño y Le Pennec (1997), y Cantillánez *et al.*, (2005), donde un mismo individuo de *A. purpuratus*, puede presentar a un mismo tiempo, diferentes estados de madurez ovocitaria, que de acuerdo a Barber y Blake (1991), permitiría como ocurre en otras poblaciones de pectínidos, que luego de iniciado el desove, se continué la liberación de gametos como pulsos, que pueden extenderse por períodos de hasta ocho semanas.

La inestabilidad del medio ambiente, y netamente las variaciones intra-diarias de temperatura del agua de fondo en esta bahía, actuarían como un factor desencadenante de las puestas. Otro factor gatillante podría ser la disponibilidad de alimento, dada la relación estadística negativa encontrada entre los valores del IG y el contenido en feopigmentos del agua de fondo, y el número de células/ml (Avendaño *et al.*, 2004; Cantillánez *et al.*, 2005).

#### *Histología de la góndada de *A. purpuratus* en la reserva*

Sobre la base de estudios histológicos de la porción femenina de la góndada (Cantillánez *et al.*, 2005), se puede indicar que, durante el calentamiento del agua, al comenzar el evento de “El Niño” (97–98), la actividad reproductiva se hizo mucho más intensa y sostenida que la registrada en años sin la presencia de este evento, generando que los individuos evacuaran totalmente sus gametos. Durante este fenómeno, los ostiones de la reserva no presentaron los períodos de menor actividad reproductiva, que acontecen en años normales entre mayo y agosto, siendo reemplazados por una actividad más intensa y continua que se extendió desde marzo de 1997 hasta abril de 1998.

La presencia en góndadas en estado de madurez avanzada, del fenómeno de atresia y/o lisis ovocitaria, es una característica que han presentado la totalidad de las muestras histológicas revisadas (Avendaño y Le Pennec, 1997; Cantillánez *et al.*, 2005). Dicho

proceso de degeneración ovocitaria ha sido corrientemente observado en algunos moluscos bivalvos, y entre ellos en Pectínidos como *Chlamys varia* (Lucas, 1965); *Chlamys opercularis* (Allarakh, 1979); *Pecten ziczac* (Peres, 1981); *Mizuhopecten yessoensis* (Motavkine y Varaksine, 1983), *P. magellanicus* (Beninger, 1987), *Argopecten irradians* (Epp *et al.*, 1988), *P. maximus* (Dorange y Le Pennec, 1989) y *Pecten jacobaeus* (Mestre, 1992). Cantillánez *et al.*, (2005), lograron establecer que el 100 por ciento de los individuos con valores de IG sobre 21, y que a nivel histológico presentaban un estado de maduración final, mostraban en mayor o menor grado el fenómeno de atresia ovocitaria. Dichas alteraciones, asociadas a una sobremaduración de los ovocitos, tienen una gran influencia en la viabilidad de los estados larvales, los que determinarán finalmente el éxito del reclutamiento en los bancos naturales y que por lo demás, han sido frecuentemente citadas para explicar ciertos fracasos encontrados en los «Hatcheries» comerciales de Pectínidos, pudiendo ser la causa de las dificultades en la producción artificial de semilla de *A. purpuratus* que presentan actualmente los Hatcheries chilenos (Avendaño *et al.*, 2001a).

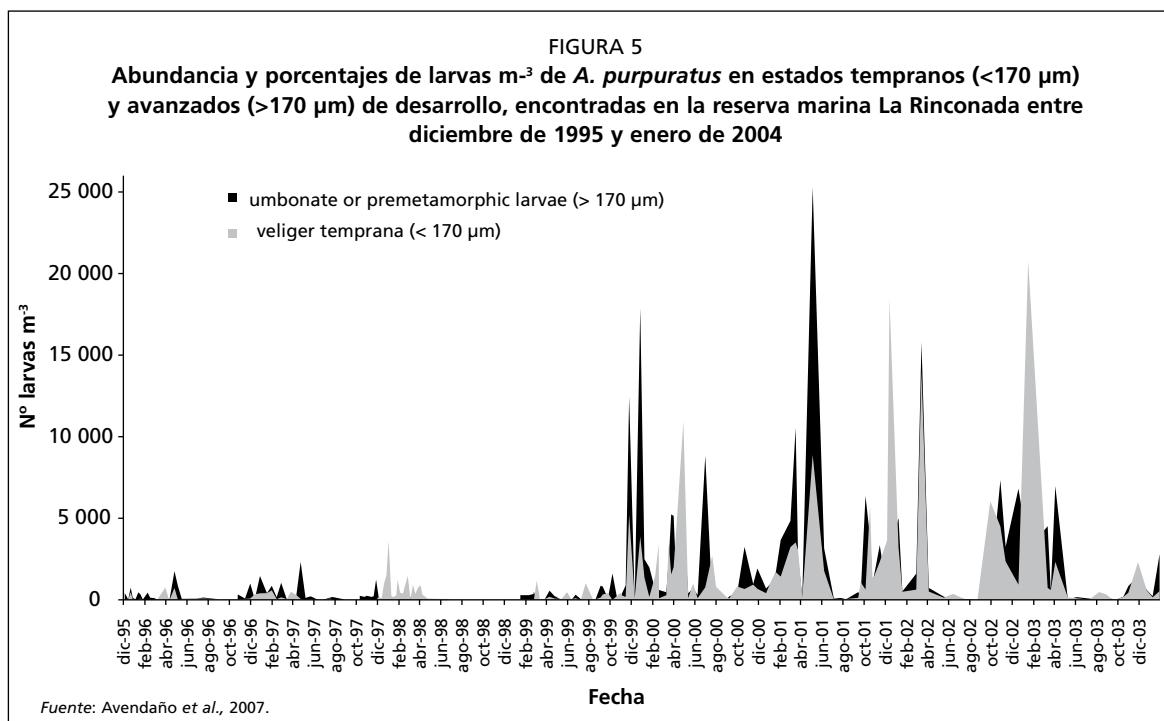
#### *Patrones anuales de abundancia larval*

La abundancia poblacional ha sido reconocida por numerosos autores, en muchos de los modelos deterministas utilizados actualmente en las teorías desarrolladas sobre regulación del reclutamiento (ver Avendaño *et al.*, 2008). Es así, como trabajos recientes realizados en especies como *P. magellanicus* y *P. maximus* han permitido comprender aspectos de su dinámica larval (Sinclair *et al.*, 1985; Thouzeau, 1991a; Salaün, 1994).

En la reserva, el reconocimiento de las larvas de *A. purpuratus*, ha permitido conocer su variabilidad en el tiempo, donde densidades de hasta 34 175 larvas m<sup>-3</sup> han sido registradas (Avendaño *et al.*, 2008), unas de las más altas en aguas chilenas, considerando los reportes bibliográficos (Hojas, 1982; Akaboshi y Illanes, 1983; Navarro *et al.*, 1991). Las altas densidades de veliger de *A. purpuratus* que ocurren en La Rinconada, y su facilidad de reconocimiento han permitido seguir sin dificultades su fase pelágica, en respuesta a las emisiones gaméticas (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2001; 2007; Avendaño *et al.*, 2004, 2007b), dados los tiempos de residencia y la baja probabilidad de ocurrencia de alejamiento de material particulado del sector, principalmente donde la corriente origina zonas de inercia (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2001, 2007; Avendaño *et al.*, 2004, 2006, 2007, 2008).

La presencia continua de larvas de *A. purpuratus* en este lugar, corroboran los antecedentes entregados a través del IG, que evidencia desoves permanentes, sin embargo, estos resultados no siempre permiten señalar una relación clara entre la intensidad del desove con el número de larvas presentes. Sin embargo, es posible observar una relación entre períodos de mayor actividad reproductiva, con períodos de mayor abundancia de larvas (Cantillánez *et al.*, 2007; Avendaño *et al.*, 2007b).

Una muy fuerte dispersión en la relación que existe entre la amplitud del desove y la abundancia de larvas plantónicas resultantes en *P. maximus*, ha sido atribuido a diferencias en el contenido lipídico de los ovocitos emitidos, y también, a las alteraciones causadas por los procesos de atresia ovocitaria, indicándose además, que estas dos fuentes de variación son responsables de las fluctuaciones en el reclutamiento de este recurso (Paulet, 1990). Le Pennec *et al.* (1998), también han indicado que la alta variabilidad en la tasa de fertilización en Pectínidos como *P. maximus* y *A. purpuratus*, a nivel de Hatchery, dependen de la calidad de los gametos emitidos. En este punto debemos detenernos, para volver a señalar, que la presencia de atresia ovocitaria en las góndolas de *A. purpuratus*, es un proceso corrientemente observado en el banco de La Rinconada (Avendaño, 1993; Avendaño y Le Pennec, 1996, 1997; Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2005). Estos últimos autores señalan además, una relación entre valores altos del IG con la mayor incidencia del fenómeno de atresia ovocitaria en la góndola, lo que permite plantear la hipótesis de que la ausencia de correlación entre



la intensidad de la puesta, con el número de larvas totales aparecidas posteriormente, estaría asociada a la calidad de los huevos emitidos.

Las densidades larvales encontradas en La Rinconada a través de todos los estudios realizados, se presentan en la figura 5 (extraída de Avendaño *et al.*, 2008). A través de ella se pueden apreciar fuertes incrementos de su abundancia, entre diciembre de 1999 y abril de 2003. A partir de junio de 2003, las cifras descienden a valores históricos registrados entre diciembre de 1995 y octubre de 1999, donde el máximo fue de 4 840 larvas m<sup>-3</sup>. La figura, también permite inferir, la existencia de períodos de mayor abundancia larval, que se presentan regularmente a partir de noviembre-diciembre y se prolongan hasta abril del año siguiente. El mes de mayo marca el comienzo de la declinación de la abundancia con tendencia a mantenerse estable entre junio-agosto.

Las larvas umbonadas y pediveliger (170 y 244 µm) constituyen generalmente el 60 por ciento del total de larvas en las muestras (Cantillánez *et al.*, 2007), mientras que las de pequeñas tallas (<170 µm) son particularmente abundantes, y de manera repetida, durante los períodos de enfriamiento asociados a comienzos de la Niña. Estos resultados indicarían crecimientos muy débiles durante esos períodos, y una probabilidad de sobrevivencia menor de los individuos, que confirman los rendimientos de captación de semillas. El rol de la disponibilidad en alimento parece igualmente mostrar la existencia de una relación positiva entre abundancia larvaria y la concentración de clorofila *a* en el agua (Cantillánez *et al.*, 2007). De hecho, el crecimiento larvario, y de paso, la duración de la fase larvaria, están fuertemente influenciadas por los eventos ENSO. La duración de la fase larvaria, puede variar de un factor 2 entre un año caliente (ca. 20 a 26 días) y un año frío (ca. de 38 a 42 días), lo que va a influir sobre la probabilidad de mantener las larvas dentro de la Bahía. Estos resultados traducen la existencia de una relación denso dependiente entre abundancia de larvas en la columna de agua y abundancia de semilla captada en los colectores en períodos de El Niño, contrario con los episodios que acontecen con La Niña (Cantillanez *et al.*, 2007).

Incrementos de las densidades larvales registrados entre fines de 1999 y comienzos del 2003, en contraste con los obtenidos entre 1995 y octubre de 1999, obedecerían principalmente a un aumento en el número de reproductores de tallas mayores, registrados durante esos años (Avendaño *et al.*, 2008). Los ejemplares sobre la talla mínima legal, establecida en Chile en 90 mm de longitud antero-posterior, y que de

CUADRO 1

Rango de tallas; tallas medias y porcentajes de ejemplares de talla mínima legal, de *Argopecten purpuratus* en la reserva marina La Rinconada

Fecha	Rango de longitud total (mm)	Talla media (mm)	+D.S. (mm)	Nº ejemplares con talla mínima legal*
10/1993	10,0–114,9	51,8	21,52	$1.9 \times 10^5$
5/1996	5,0–110,0	50,2	19,96	$5.3 \times 10^4$
5/1997	5,0–100,0	61,5	27,61	$1.3 \times 10^5$
3/1999	6,3–125,0	65,5	25,99	$1.4 \times 10^6$
3/2000	5,7–132,5	57,8	37,01	$2.3 \times 10^6$
3/2001	10,2–137,2	75,8	19,82	$2.6 \times 10^6$
5/2002	10,0–135,2	62,1	24,47	$9.3 \times 10^5$
5/2003	10,3–123,0	51,7	19,32	$3.7 \times 10^5$

D.S. = desviación estandar (\* ) = 90 mm o más

Fuente: Extraída de Avendaño *et al.*, 2008.

acuerdo a Avendaño *et al.* (2001a), son los que hacen el mayor aporte de gametos, se encontraban fuertemente disminuidos entre 1995 y 1998, producto de la pesca ilegal ejercida en ese período (Avendaño y Cantillánez, 1996; 1997). Sin embargo, la creación de la reserva en 1997, dotada con un cuerpo de vigilancia a comienzos de 1999, permitió que el número de estos ejemplares, se incrementara entre fines de 1999 y el 2002, decayendo nuevamente durante el 2003 (Avendaño *et al.*, 2004; Avendaño y Cantillánez, 2005) (Cuadro 1 extraído de Avendaño *et al.*, 2008). La estimación de la biomasa total desfavorece, para los años 1999, 2000 y 2001, muestra que las tallas que hicieron el mayor aporte a la producción larval durante esos tres años, fueron las de 82,5; 92,7 y 92,4 mm, respectivamente, traduciendo nuevamente la existencia de una relación denso dependiente entre la abundancia de larvas en la columna de agua y la abundancia de reproductores sobre la talla mínima legal presente en este banco (Avendaño *et al.*, 2008).

#### Variación temporal del asentamiento larval sobre colectores

Los principales resultados sobre post-larvas y juveniles, han sido obtenidos con la ayuda de experimentos de captación sobre colectores japoneses suspendidos en la columna de agua (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2007; Avendaño *et al.*, 2006, 2007 y en prensa), con un protocolo de muestreo de acuerdo a Thouzeau (1991 a, b). Inmersiones de corta duración (11 días a 4 semanas), han servido para identificar a través del programa MIX 3.1.a. (MacDonald y Pitcher, 1979), diferentes cohortes post-larvarios fijados en los colectores, mientras que una segunda serie, con tiempos de inmersión crecientes, han permitido calcular el crecimiento de los ostiones suspendido.

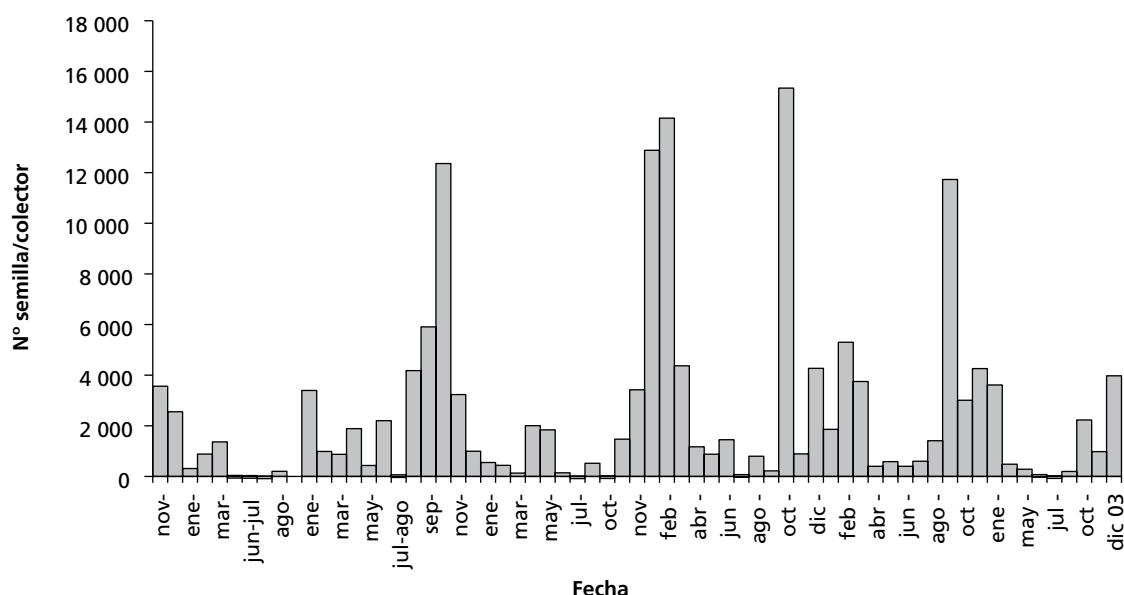
El análisis estacional de la abundancia de semilla fijada en colectores en cortos períodos, permiten a gran escala, establecer una relación directa entre las épocas de mayor captación y los peack de abundancia de larvas en el banco. Así, captaciones importantes registradas en el verano de 1998 (con presencia de El Niño), y en el invierno y la primavera de 1999 (con presencia de La Niña), son explicadas por el gran número de larvas presentes en esos períodos (Cantillánez, 2000; Avendaño *et al.*, 2004, 2006, 2007, 2008; Avendaño y Cantillánez, 2005). A menor escala, al contrastar las fijaciones, con el número de larvas totales presentes durante el tiempo en que el colector permaneció sumergido, se aprecia una variabilidad importante, en términos de rendimientos en la captación (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2007; Avendaño *et al.*, 2006, 2007).

Las post-larvas de *A. purpuratus* muestran preferencia por fijarse en los niveles más profundos, en el 86 por ciento de los casos analizados las larvas se fijaron a 1 y 2 m del fondo (Cantillánez, 2000).

Los altos niveles de fijación de *A. purpuratus* registrados durante El Niño, es producto del calentamiento de las aguas que ocurren durante dicho evento, generando el acortamiento del período larval y reduciendo la tasa de mortalidad (Navarro *et al.*,

FIGURA 6

Captación artificial de semilla de *A. purpuratus* en la reserva marina La Rinconada, obtenida en colectores con 30 y 54 días de inmersión durante el período noviembre 1997 – enero 2004



Fuente: Cantillánez, 2000; Avendaño et al., 2004, 2006, 2007.

1991). Sin embargo, altas captaciones registradas en la reserva, durante la presencia del fenómeno de La Niña, la cual debiera generar un efecto adverso, debido a las bajas temperaturas del agua (Figura 6), son explicadas por la capacidad de retención que posee el sector, y por la pérdida del sustrato natural de asentamiento, que permitió a los colectores actuar como el único sustrato disponible para su fijación (Cantillánez et al., 2007).

Los estudios también han permitido detectar, fijaciones sucesivas de cohortes post-larvales de *A. purpuratus* (Cuadro 2), siendo la aparición de nuevas cohortes fijadas, más representativas en colectores con tiempos prolongados de inmersión (Cantillánez, 2000; Cantillánez et al., 2007; Avendaño et al., 2006, 2007 y en prensa). Cantillánez (2000), discriminó hasta 7 cohortes fijadas en colectores con 98 días de inmersión. Aumento creciente en la captación de Pectínidos también han sido señaladas por Roman y Cano (1987), indicando que los colectores requieren de una inmersión mínima de 15 días para hacerlos atractivos a las larvas. En contraste a estos resultados, diversos otros autores han señalado para pectínidos como *P. magellanicus*, *P. maximus* y *P. yessoensis*, que el grado de colmatación de materia orgánica que ocurre sobre colectores con inmersiones prolongadas, afecta la fijación y la tasa de sobrevivencia de las post-larvas (ver Thouzeau, 1989, 1991a, b).

Variaciones débiles en las tasas de crecimiento se han encontrado en el seno de un mismo período, no así entre un período caliente y un período frío. Durante el calentamiento de las aguas asociadas al El Niño, un crecimiento post-larvario promedio de 175 µm/día (entre la fijación y 14,4 mm) fué calculado, para una temperatura promedio de 20,3 °C (Cantillánez et al., 2007). Durante un año de apariencia normal, el crecimiento promedio fué de 143 µm/día (entre fijación y 14,1 mm), para una temperatura promedio del agua de 15,3 °C. Durante un verano frío asociado a La Niña, el crecimiento post-larvario promedio, fué de 82 µm/día (entre fijación y 7,4 mm), para una temperatura promedio de 14,7 °C.

Estos resultados demostrarían, al igual que sus larvas, que uno de los factores responsables de las variaciones interanuales en el crecimiento post-larval de

## CUADRO 2

**Fijación de semilla de *A. purpuratus* sobre colectores artificiales en La Rinconada, entre 2001 y 2003. Se indican tiempos de inmersión número de semilla y talla media de cohortes fijadas en los colectores**

Período de inmersión	Nº semilla ds	Cohorte 1 talla μm ds	Cohorte 2 talla μm ds	Cohorte 3 talla μm ds
06/01/01–03/02/01	12 883±896	940±290	530±110	
03/02/01–03/03/01	14 153±2 725	633±138		
03/03/01–06/04/01	4 370±466	877±173		
06/04/01–06/05/01	1 170±197	702±160		
06/05/01–08/06/01	878±137	1 618±272	841±223	
08/06/01–06/07/01	1 450±473	1 125±158	532±112	
06/07/01–09/08/01	72±31	502±116		
09/08/01–14/09/01	798±101	458±166		
14/09/01–05/10/01	200±28	1 067±133		
06/10/01–15/11/01	15 340±2 786	3 200±290	1740±280	700±170
15/11/01–08/12/01	890±71	880±250		
08/12/01–08/01/02	4 270±622	863±242	410±78	
10/01/02–28/02/02	1 860±339	1 670±290	360±130	
28/02/02–13/04/02	5 300±481	1 879±1 213	819±135	468±45
02/03/02–04/04/02	3 750±764	2 850±560	1 070±310	
07/04/02–14/05/02	400±35	1 680±360		
14/05/02–14/06/02	585±77	1 991±307		
14/06/02–05/07/02	400±138	1 687±554		
05/07/02–23/08/02	600±39	1 762±434		
23/08/02–29/09/02	1 410±212	883±267		
29/09/02–25/10/02	11 730±1 151	1 022±381	434±56	
25/10/02–22/11/02	3 009±495	399±64		
22/11/02–16/01/03	4 260±529	2 698±289	1 366±423	
16/01/03–13/03/03	3 613±445	457±113		
13/03/03–10/05/03	483±65	2 943±1 049		

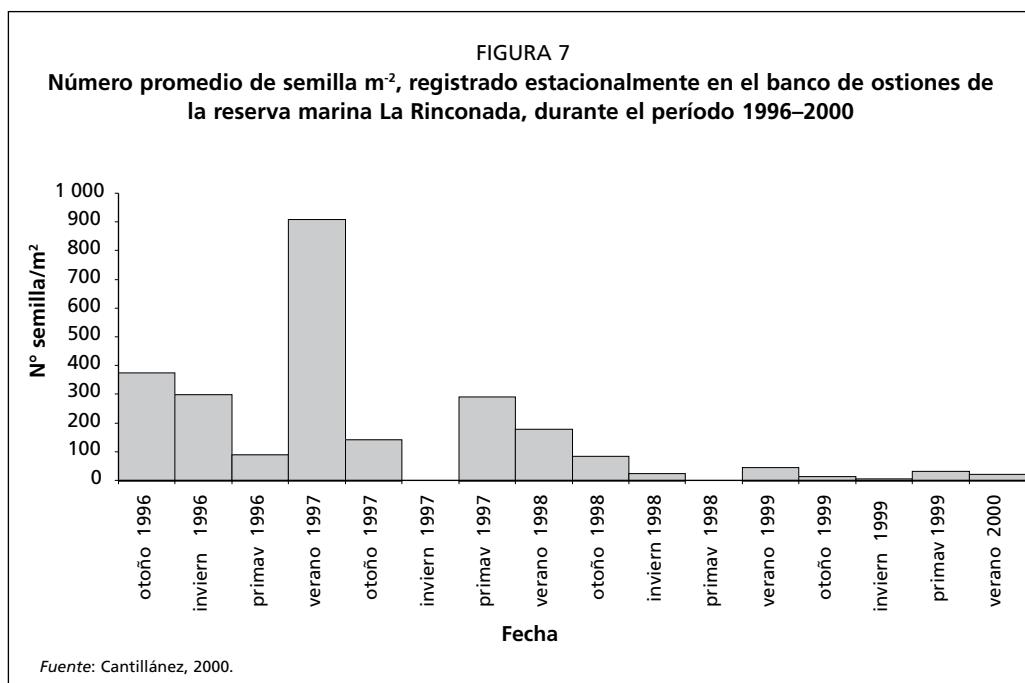
Fuente: Avendaño *et al.*, 2004, 2006, 2007 y en prensa.

*A. purpuratus*, es la temperatura del agua, como también ha sido señalado para otros pectínidos (Avendaño *et al.*, 2008). La densidad de la semilla en los colectores, sería otro de los factores que incidiría sobre sus tasas de crecimiento y sobrevivencia, sobreponiéndose incluso a los tiempos de inmersión (Avendaño *et al.*, 2006, 2007).

Competencia intraespecífica por espacio y alimento, provocando altas mortalidades, han sido sugeridas por Mason (1983), mientras que Ventilla (1982), indica que altas fijaciones de *P. yessoensis* superando las 10 000 semillas por colector, generan un pobre crecimiento y una baja sobrevivencia de ellas, tal como muestran los resultados obtenidos en La Rinconada.

#### *Pre-reclutamiento bético*

Sobre el fondo de la reserva, la semilla de *A. purpuratus* se fija sobre la fronda de *Rhodymenia* sp., y únicamente sobre esta alga, ya que ella constituye el único sustrato disponible sobre el fondo de arena del banco (Cantillánez, 2000). Variaciones estacionales e interanuales importantes de la abundancia de semillas fijadas sobre *Rhodymenia*, se han encontrado dentro de la zona de pre-reclutamiento (Figura 7, obtenida de Cantillánez, 2000). La desaparición progresiva de *Rhodymenia* durante el calentamiento de las aguas provocada por El Niño, y la persistencia de esta ausencia durante La Niña 98/2000, explican la falta de relación denso-dependiente entre la semilla captada en los colectores y el pre-reclutamiento bético a partir de abril de 1998 (Cantillánez, 2000; Cantillánez *et al.*, 2007). Las larvas listas a su metamorfosis se fijaron sobre los colectores suspendidos, al no encontrar un sustrato disponible sobre los fondos de arena de la bahía.



## CONCLUSIONES

El conocimiento generado en la reserva, sobre la biología del Ostión del Norte, su dinámica poblacional, su respuesta a las fuerzas medioambientales, conjuntamente con la caracterización físico-geoquímica y biológica del área protegida, permiten reconocer en ella sus particulares condiciones para albergar y sostener en el tiempo este importante recurso. La abundancia larval está en directa relación con la presencia del stock de reproductores cuyo aporte de gametos acontece durante todo el año, con períodos intensos entre septiembre y abril del año siguiente. Una relación denso-dependiente se ha establecido entre la abundancia de larvas y número de semillas colectadas, aunque esta relación puede aparecer altamente variable durante la presencia de eventos fríos como La Niña. Hasta ahora, existen importantes evidencias, que las altas densidades larvales son denso dependientes del número de reproductores (>90 mm) presentes. La relación stock reclutamiento, pone en evidencia la urgencia de implementar fuertes medidas de protección para el banco.

Es necesario implementar medidas que permitan una participación efectiva y con equidad para los pescadores artesanales respecto a la utilización de este recurso, considerando que a más de 20 años de mantenerse en veda, estas medidas regulatorias impuestas por el Estado, no han tenido los resultados esperados.

## AGRADECIMIENTOS

La información entregada ha sido generada a través de los proyectos FNDR Código BIP N° 20124810 y N°20127869-0 y del programa ECOS-CONICYT C98B02.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, A. 2001. Scallop Hatcheries of *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in Chile: A survey of the present situation. 13th International Pectinid Workshop, Coquimbo Chile, April 18–24, 2001. pp. 74–75.
- Akaboshi, S. y Illanes, J.E. 1983. Estudio experimental sobre la captación, pre-cultivo y cultivo, en ambiente natural de *Chlamys (Argopecten) purpurata*, Lamarck 1819, en Bahía Tongoy, IV Región, Coquimbo. *Symposium Internacional de Acuacultura*. Septiembre 1983, Coquimbo-Chile. pp. 233–254.

- Allarakh, C.** 1979. Recherches histologiques et expérimentales de la différentiation sexuelle et du cycle de reproduction de *Chlamys opercularis*. Universidad de Caen, Francia (Tesis de doctorado).
- Avendaño, M.** 1993. Données sur la biologie de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), Mollusque Bivalve du Chili. Universidad de Bretaña Occidental, Francia. (Tesis de doctorado).
- Avendaño, M. y Cantillánez, M.** 1996. Efecto de la pesca clandestina sobre *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en el banco de La Rinconada, II Región. *Cienc. Tec. Mar.*, (19): 57–65.
- Avendaño, M. y Le Pennec, M.** 1996. Contribución al conocimiento reproductivo de *Argopecten purpuratus* en dos poblaciones de la II Región - Chile. *Estud. Oceanol.*, (15): 1–10.
- Avendaño, M. y Le Pennec, M.** 1997. Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean mollusc bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). *Aquacul. Res.*, (28): 175–183.
- Avendaño, M. y Cantillánez, M.** 1997a. Necesidad de crear una reserva marina en el banco de ostiones de La Rinconada – II Región. *Estud. Oceanol.*, (16): 109–113.
- Avendaño, M. y Cantillánez, M.** 1997b. Análisis para la recuperación del banco de ostiones de La Rinconada, Antofagasta – II Región. Informe Final Proyecto FNDR Cód. BIP N° 20100479-0. 62 p.
- Avendaño M., Le Pennec M. y Cantillánez, M.** 2001a. Anormalidades en larvas de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) (Mollusca, Pectinidae); una causal de los problemas en la producción artificial de semilla. *Estud. Oceanol.*, (20): 33–42.
- Avendaño, M., Cantillánez, M., Le Pennec, M., Lodeiros, C. y Freites, L.** 2001b. Cultivo de pectínidos Iberoamericanos en suspensión. En: A. N. Maeda-Martínez, ed. *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*, pp 193–211 Editorial Limusa, México.
- Avendaño, M. y Cantillánez, M.** 2003. Population estimates, extraction, and translocation of the pectinid *Argopecten purpuratus* within Mejillones bay, Chile. *Sci. Mar.*, 67(3): 285–292.
- Avendaño, M., Cantillánez, M., Rodríguez, L., Zuñiga, O., Escribano, R. y Oliva, M.** 2004. Conservación y protección Reserva Marina La Rinconada Antofagasta-Chile. Informe Final Proyecto FNDR Cód. BIP N° 20127869-0. 215 pp.
- Avendaño, M. y Cantillánez, M.** 2005. Growth and population structure of *Argopecten purpuratus* at La Rinconada marine reserve, Antofagasta, Chile. *Cienc. Mar.*, 31(3): 491–503.
- Avendaño, M., Cantillánez, M. y Peña, J.** 2006. Effect of immersion time of cultch on spatfall of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck 1819) in the Marine Reserve at La Rinconada, Antofagaste, Chile. *Aquacul. Int.*, (14): 267–283.
- Avendaño, M., Cantillánez, M., Thouzeau, G. y Peña, J.** 2007. Artificial collection and early growth of spat of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), in La Rinconada Marine Reserve, Antofagasta, Chile. *Sci. Mar.*, 71(1): 197–2005.
- Avendaño, M., Cantillánez, M., Le Pennec, M. y Thouzeau, G.** 2008. Reproductive and larval cycle of the scallop *Argopecten purpuratus* (Ostreida: Pectinidae), during El Niño-La Niña events and normal condition in Antofasta, Northen Chile. *Rev. Biol. Trop.*, 56(1): 121–132.
- Avendaño, M., Ortiz, M. y Cantillánez, M.** 2007c. Determinación de escenarios para la explotación sustentable de la reserva marina La Rinconada. Informe de Avance, Etapa 2 Consumo y Relaciones Tróficas, Proyecto Innova CORFO Cód. 04CR7IPM-01. Facultad de Recursos del Mar U. de Antofagasta. 99 pp.
- Avendaño, M., Cantillánez, M. y Thouzeau, G.** Effects of culture depth on survival and growth of *Argopecten purpuratus* spat (Lamarck, 1819) in artificial collectors in northern Chile. *Aquacul. Int.* (En prensa).
- Barber, B. y Blake, N.** 1991. Reproductive Physiology, p. 377–428. En S.E. Shumway, ed. *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier, New York.

- Beninger, P.** 1987. A qualitative and quantitative study of reproductive cycle of the giant scallop *Placopecten magellanicus*, in the Bay of Fundy (New Brunswick, Canada). *Can J. Zool.*, (65): 495–498.
- Bore, D. y Martínez, C.** 1980. Catálogo de recursos pesqueros de Chile-Santiago. Chile, Instituto de Fomento Pesquero, Corfo, 83 pp.
- Caddy, J.F.** 1989. A perspective on the population dynamics and assessment of scallop, *Placopecten magellanicus* Gmelin. En J.F. Caddy, ed. *Marine Invertebrate Fisheries; Their Assessment and Management*. FAO Roma, pp 559–589.
- Cantillánez, M.** 2000. Reproduction, vie larvaire et pré-recrutement du Pectinidae *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dans la baie d'Antofagasta (Chili). Universidad de Bretaña Occidental, Francia, (Tesis de doctorado).
- Cantillánez, M., Thouzeau, G. y Avendaño, M.** 2001. Reproductive cycle in *Argopecten purpuratus* during El Niño and la Niña conditions: a case study in the Rinconada Bay (Chile). En: *Book of Abstracts 13<sup>th</sup> International Pectinid Workshop*, 18–24 Abril 2001, Coquimbo, Chile. pp. 86–88.
- Cantillánez, M., Avendaño, M. y Thouzeau, G.** 2005. Reproductive cycle of *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae) in La Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile): response to environmental effects of El Niño and La Niña. *Aquaculture*, (246): 181–195.
- Cantillánez, M., Thouzeau, G. y Avendaño, M.** 2007. Improving *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae) culture in La Rinconada marine reserve (Antofagasta, Chile): Results from the study of larval and post-larval stages in relation to environmental forcing. *Aquaculture* (272): 423–443.
- DiSalvo, L.H., Alarcón, E., Martínez, E. y Uribe, E.** 1984. Progress in mass culture of *Argopecten purpuratus* with notes on its natural history. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, (57): 33–45.
- Dorange, G. y Le Pennec, M.** 1989. Ultrastructural study of oogenesis and oocytic degeneration in *Pecten maximus* from the Bay of Saint-Brieuc. *Mar. Biol.*, (103): 339–348.
- Epp, J., Bricelj, M.V. y Malouf, R.E.** 1988. Seasonal partitioning and utilization of energy reserves in two age classes of the bay scallop *Argopecten irradians irradians* (Lamarck). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (121): 113–136.
- Gajardo, G., Coutteau, P., Curé, K., Sorgeloos, P. y Beardmore, J.A.** 1996. Nutritional improvement of the commercial production of marine aquaculture species through application of innovative biotechniques. EN *Proceedings of a workshop on Fish and Mollusc Larviculture Improvement of the Commercial Production of Marine Aquaculture Species* pp 7–12. G., Gajardo y P., Coutteau ed., Santiago Chile.
- Gulland, J.A. y Holt, S.J.** 1959. Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *J. Cons. CIEM*, 25 (1): 47–49.
- Hojas, F.** 1982. Antecedentes Sobre El Cultivo Del Ostión del Norte, En Antofagasta, Chile. *Chile Pesq.* Marzo 1982. pp 10–12.
- Illanes, J.E.** 1988. Experiencias de captación de larvas de ostión (*Argopecten purpuratus*) en Chile, IV Región. En *Producción de larvas y juveniles de especies marinas* pp 53–59. E. Uribe ed. Universidad del Norte, Coquimbo, Chile.
- Le Pennec, M.** 1997. Les éclosseries de Mollusques Bivalves: mode d'emploi. *Bull Aquacul. Assoc. Canada*, 97(3): 31–37.
- Le Pennec, M., Robert, R. y Avendaño, M.** 1998. The importance of gonadal development on larval production in Pectinids. *J. Shellfish Res.*, 17(1): 97–101.
- Lucas, A.** 1965. Recherche sur la sexualité des Mollusques Bivalves. Universidad de Rennes, Francia (Tesis de doctorado).
- MacDonald, P.D.M. y Pitcher, T.J.** 1979. Age-groups from size-frequency data: a versatile and efficient method of analyzing distribution mixtures. *J. Fish. Res. Bd. of Can.*, (36): 987–1001.
- Mason, J.** 1983. Scallop and queen fisheries in the British Isles. *Fishing News Books Ltd.*, England. 147 pp.

- Mestre, S.** 1992. Ciclo gametogénico y de almacenamiento de Reservas en una población natural de *Pecten jacobaeus* (L) (Bivalvia: Pectinidae) en las costas de Castellón. Universidad de Valencia, España (Tesis de doctorado).
- Moraga D., Avendaño, M., Le Pennec, M., Peña, J., Tanguy A. y Baron, J.** 2001. Genetic and morphological differentiation between two pectinid populations of *Argopecten purpuratus* from the Chilean North Pacific coast. *Est. Oceanol.*, (20): 51–60.
- Motavkine, P.A. y Varaksine, A.A.** 1983. Histophysiologie du système nerveux et régulation de la reproduction chez les Mollusques bivalves. En IFREMER ed. Brest, 208 pp.
- Navarro, R., Sturla, L., Cordero, L. y Avendaño, M.** 1991. Chile. En *Scallops: biology, ecology and aquaculture*. Developments in Aquaculture and Fisheries Science Vol. 21, pp 1001– 1014. S. Shumway ed. Elsevier Science Publishers, N.Y., 1095 pp.
- Paulet, Y.M.** 1990. Rôle de la reproduction dans le déterminisme du recrutement chez *Pecten maximus* (L) de la baie de Saint-Brieuc. Universidad de Brest Francia (Tesis de doctorado).
- Peres, S.** 1981. Estudio do ciclo reproductivo de *Pecten ziczac*. Universidad de Sao Paulo, Brasil (Tesis de doctorado).
- Román, G. y Cano, J.** 1987. Pectinid settlement on collectors in Malaga, S.E. Spain, in 1985. En *Book of Abstracts 6<sup>th</sup> International Pectinid Workshop*. 9–14 April 1987, Menai-Bridge, Wales.
- Salaün, M.** 1994. La Larve de *Pecten maximus*, genese et nutrition. Universidad de Bretaña Occidental, Francia (Tesis de doctorado).
- Sinclair, M., Mohn, R., Probert, G. y Roddick, D.** 1985. Considerations for the effective management of Atlantic scallops. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.*, 1382: 97 p.
- Stotz, W.B.** 2000. When aquaculture restores and replaces a overfished stock: is the conservation of the species assured? The case of the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) in northern Chile. *Aquacul. Inter.*, (8): 237–247.
- Stotz, W.B. y Mendo, J.** 2001. Pesquería, repoblamiento y manejo de bancos naturales de pectínidos en Iberoamérica: su interacción con la acuicultura. En A. N. Maeda-Martínez (Ed.) *Los Moluscos Pectínidos de Iberoamerica: Ciencia y Acuicultura*. Editorial Limusa, México. pp 357–374.
- SUBPESCA.** 1995. Informe Técnico: Regulación del Recurso Ostión del Norte. Subsecretaría de Pesca-Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. 31 pp. (No publicado).
- Thouzeau, G.** 1989. Déterminisme du pré-recrutement de *Pecten maximus* (L.) en baie de Saint-Brieuc. Universidad de Bretaña Occidental, Francia (Tesis de doctorado).
- Thouzeau, G.** 1991a. Experimental collection of postlarvae of *Pecten maximus* (L.) and other benthic macrofaunal species in the Bay of Saint-Brieuc, France. I- Settlement patterns and biotic interaction among the species collected. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (148): 159–179.
- Thouzeau, G.** 1991b. Experimental collection of postlarvae of *Pecten maximus* (L.) and other benthic macrofaunal species in the Bay of Saint-Brieuc, France. II- Reproduction patterns and postlarval growth of five mollusk species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (148): 181–200.
- Ventilla, R.F.** 1982. The scallop Industry in Japan. *Adv. Mar. Biol.*, (20): 310–380.
- Wallace, J.C. y Reinsnes, T.G.** 1985. The significance of various environmental parameters for growth of the Iceland scallop *Chlamys islandica* (Pectinidae), in hanging culture. *Aquaculture*, (44): 229–242.
- Wolff, M.** 1987. Population Dynamics of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus* during the El Niño Phenomenon of 1983. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, (44): 1684–1691.
- Wolff, M. y Alarcón, E.** 1993. Structure of scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) dominated subtidal macro-invertebrate assemblage in Northern Chile. *J. Shellfish Res.*, (2): 295–304.
- Wolff, M. y Mendo, J.** 2000. Management of the Peruvian bay scallop (*Argopecten purpuratus*) metapopulation with regard to environmental change. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* (10): 117–126.

# Control de la reproducción y producción de semillas de bivalvos en sistemas controlados

**Gloria Martínez Guzmán**

Departamento de Biología Marina, Universidad Católica del Norte  
Coquimbo, Chile  
E-mail: gmartine@ucn.cl

**Martínez-Guzmán, G.** 2008. Control de la reproducción y producción de semillas de bivalvos en sistemas controlados. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 267–275.

## RESUMEN

Se describen brevemente los factores ambientales o exógenos que afectan el proceso reproductivo de los moluscos bivalvos, profundizando luego en aquellos factores, de naturaleza endógena, que determinan la respuesta reproductiva ante las variables ambientales. Se resumen resultados de estudios referentes a la regulación de la reproducción en el pectínido *Argopecten purpuratus*, especie modelo usada por los autores, considerando que es uno de los moluscos de mayor producción en Chile y que es un hermafrodita funcional. Los conocimientos generados acerca del control del desove llevaron a desarrollar una metodología para eliminar la auto-fecundación en este pectínido y se presentan los resultados más relevantes al respecto. De esta forma se pone a disposición de los cultivadores de esta especie y de otros moluscos, también hermafroditas funcionales, una tecnología que puede aportar al mejoramiento de su producción.

## ABSTRACT

This document briefly describes the exogenous factors affecting the reproductive process of bivalves. It also examines, in depth, the endogenous factors determining the reproductive answer to those environmental variables. Studies on the reproduction control of the pectinid *Argopecten purpuratus* are summarized. This species, one of the most commercially important molluscs in Chile, has been used by the author for this study due to its reproductive strategy. The author knowledge of spawning control led her to develop a method to eliminate self-fertilization of this pectinid, the most relevant results of which are presented herein. An enhanced hatchery technology is available to farmers for this species and another functional hermaphrodites, which may lead to improved production levels.

## INTRODUCCIÓN

El éxito en la industria de la acuicultura depende en gran medida de la disponibilidad de juveniles de alta calidad que puedan crecer rápidamente hasta un tamaño comercial. Existen muchos factores, tanto endógenos como exógenos, que afectan tanto tanto el

desempeño de las larvas como el de los juveniles tempranos y tardíos. Son tres etapas principales en las cuales puede manifestarse el efecto de esos factores:

- Desarrollo de las góndadas y gametos
- Desove y fecundación
- Desarrollo y crecimiento de la progenie

Considerando que los factores endógenos son más difíciles de manejar experimentalmente, los esfuerzos destinados a controlar la producción de semillas se han dirigido a los de naturaleza exógena, principalmente a aquellos que se refieren a la dieta y temperatura.

### FACTORES EXÓGENOS QUE AFECTAN EL CICLO REPRODUCTIVO

Entre los factores exógenos más significativos se pueden nombrar: la temperatura, el alimento, fotoperíodo, salinidad, etc.

#### Efecto del alimento

Numerosos estudios han sido enfocados a analizar el efecto de las dietas y sus diferentes componentes nutricionales tanto sobre la maduración gonadal como sobre el desarrollo larval en los bivalvos. Aunque estos aspectos serán revisados en otra presentación podemos señalar que nuestro grupo ha realizado estudios para mejorar el acondicionamiento de reproductores de *Argopecten purpuratus* en los cuales hemos demostrado que una dieta mixta de microalgas y enriquecida en lípidos insaturados permite mejorar los resultados en la maduración y porcentajes de desove (Martinez *et al.*, 2000a).

#### Efecto de la temperatura

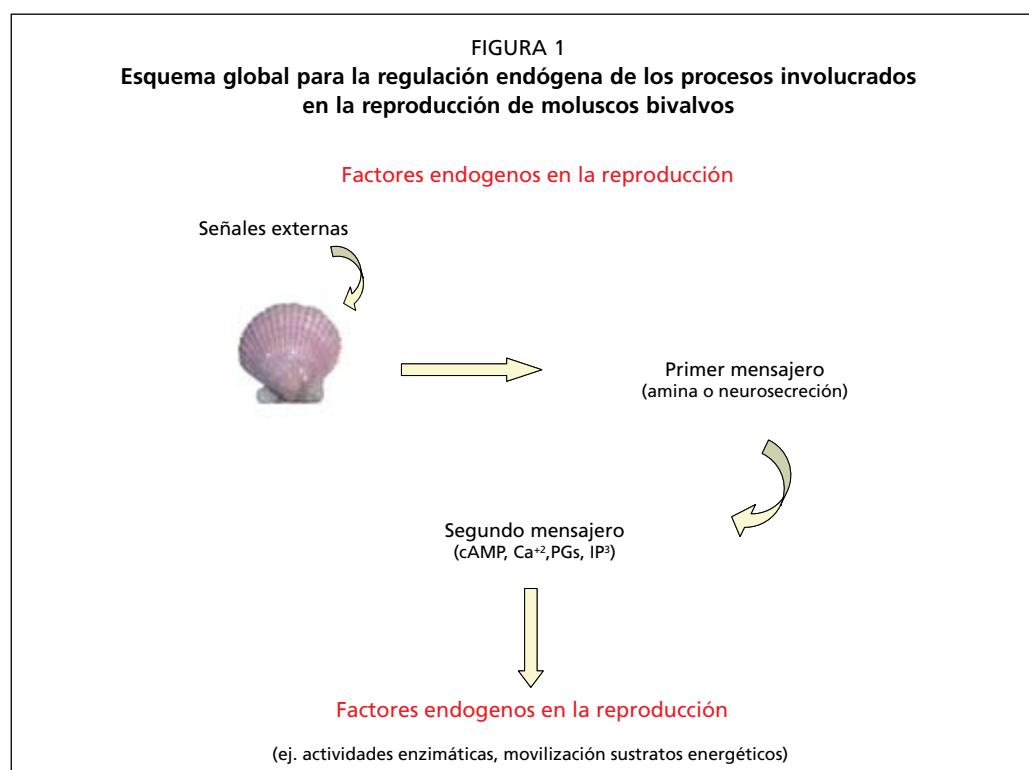
La temperatura del agua es el factor ambiental que se cita más frecuentemente afectando la reproducción de los bivalvos. El patrón de ciclo reproductivo y los cambios que lo acompañan son afectados por la temperatura dependiendo de la historia térmica de las especies y de su distribución regional. Sastry (1979), ha establecido que el crecimiento gonadal y la gametogénesis en varias especies de bivalvos, se correlacionan positivamente con cambios estacionales de la temperatura, en algunos casos con la declinación de la temperatura en el otoño o con su incremento en primavera y verano.

Se ha discutido por mucho tiempo, la validez del concepto «día-grado» (D°) (Grubert y Ritar, 2005) utilizado para predecir la duración del período de acondicionamiento reproductivo. Sin embargo, el número de días-grados, por sí solo, no es un buen predictor del tiempo requerido para alcanzar una condición apta para desovar pues es dependiente de la condición fisiológica inicial de los reproductores (Lannan *et al.*, 1980), de la disponibilidad y calidad del alimento durante el acondicionamiento y de otros factores ambientales (Sastry, 1979). Existen estudios que muestran que aumentos en la temperatura del agua no dan por resultado necesariamente una mejoría en el desempeño reproductivo de los bivalvos. En *Ostrea chilensis*, temperaturas bajas mostraron ser importantes en estimular tanto la ovogénesis temprana como la espermatogénesis (Jeffs *et al.*, 2002). Sin embargo, Chavez-Villalba *et al.* (2002) examinando el efecto de esta variable sobre el acondicionamiento reproductivo de *Crassostrea gigas*; detectaron que efectivamente se acelera el crecimiento de los ovocitos entre 16 y 22 °C pero, a 25 °C decrece significativamente. En los estudios en ostión *A. purpuratus*, citados anteriormente (Martínez *et al.*, 2000a), además de probar dietas, se ensayaron dos temperaturas para el acondicionamiento de reproductores, y se encontraron mejores resultados, tanto en porcentaje de maduración como en respuesta a estímulos desovantes, en aquellos individuos mantenidos a 16 °C que en aquellos a 20 °C. Con el fin de profundizar acerca de este efecto positivo, observado a temperatura más baja, se realizó otro estudio en el que se evaluó la influencia de cambios en la temperatura, aplicados durante el proceso de acondicionamiento reproductivo, sobre

el desarrollo gonadal y calidad de la progenie en este bivalvo (Martínez y Pérez, 2003). Los individuos fueron acondicionados bajo diferentes regímenes de temperatura: 15 °C constante (15 °C), 19 °C constante (19 °C), a 15 °C en una primera etapa y luego 19 °C (15 → 19 °C) y finalmente a 19 °C en la primera etapa y luego 15 °C (19 → 15 °C). Los resultados obtenidos mostraron que los reproductores de *Argopecten purpuratus*, mantenidos a la menor temperatura, durante todo el proceso de acondicionamiento, presentaron el mayor porcentaje de desove, liberaron más gametos y de mayor tamaño, de todos los tratamientos experimentales.

### Factores endógenos que afectan la gametogénesis

En última instancia, son factores endógenos los que determinan la respuesta a las variables ambientales en las distintas etapas del ciclo reproductivo en los bivalvos. Estos ciclos son el resultado de interacciones complejas entre factores endógenos y exógenos y para asegurar un buen desempeño reproductivo no sólo se requiere tener conocimiento acerca de las múltiples variables ambientales en juego sino también en cómo afectan o se ven afectadas por factores propios de los individuos. Entre dichos factores endógenos debemos considerar aquellos inherentes a la biología de la especie, como serían su estrategia reproductiva, su genética misma y los relacionados con la regulación de sus funciones. Luego de alcanzar cierto estado fisiológico, en un organismo expuesto a las condiciones ambientales adecuadas, se inicia el crecimiento de la gónada y la gametogénesis. Aunque se conoce bastante menos respecto a los factores endógenos que regulan el proceso reproductivo, no podemos ignorar que los seres vivos son sistemas estructurales, funcionales y autorregulados que poseen mecanismos de adaptación frente a señales que reciben del medio externo o interno. Esas señales pueden traducirse en otros (primeros mensajeros) que lleguen hasta el tejido cuya función será regulada (Figura 1). Este primer mensajero puede tratarse de hormonas o neurotransmisores. En las respuestas a esos mensajes se manifiestan tres elementos básicos: el receptor, un elemento transductor y el elemento efector o amplificador que originará la respuesta intracelular. El receptor, componente macromolecular ubicado en la membrana plasmática de la célula blanco, es un elemento bifuncional que actúa discriminando entre determinadas señales o mensajes.



Al producirse la interacción con el receptor, éste sufre un cambio conformacional que inicia la respuesta celular posibilitando su unión al elemento transductor. Este último es ahora capaz de transducir la información a un sistema enzimático que genera un segundo mensajero intracelular, el cual puede regular la actividad de las proteínas (enzimas u otras) y afectar así funciones celulares específicas. Los segundos mensajeros más conocidos son los nucleótidos cílicos (Adenosín monofosfato cíclico [cAMP] y Guanosín monofosfato cíclico [cGMP]), el ion calcio, las prostaglandinas, el inositol trifosfato y el diacilglicerol. En nuestro interés de conocer el control del ciclo reproductivo en los moluscos bivalvos, hemos tomado este esquema como base. Dado que no existen órganos endocrinos diferenciados en moluscos marinos se ha partido de la base que el sistema nervioso participa en la regulación central de la función reproductiva. Se sabe que el tejido nervioso mantiene el control y la regulación a través de compuestos biológicamente activos. Estas moléculas, de diferentes estructuras químicas, además de cumplir su función en la transmisión de impulsos nerviosos estarían regulando funciones de otra naturaleza, una de las cuales sería la reproducción. Así, hemos estudiado los distintos niveles de las aminas dopamina, noradrenalina y serotonina en distintos momentos del ciclo reproductivo de *A. purpuratus*, especie que siempre hemos usado como modelo para estudiar el control endógeno de la reproducción en moluscos bivalvos. También hemos estudiado los segundos mensajeros descritos en el esquema de la Figura 1, entre ellos el AMP cíclico (cAMP), las prostaglandinas (PGs), el inositol trifosfato (IP<sub>3</sub>). De estos estudios podemos decir que los niveles de estos compuestos cambian durante dicho ciclo confirmando nuestra hipótesis que uno de los mecanismos de control posibles es a través de la regular la movilización de sustratos que aportan energía para el desarrollo de los gametos. Estos resultados han sido publicados y están resumidos en Román *et al.* (2001).

### ESTUDIOS DEL DESOVE

En esta presentación profundizaremos en algunos puntos de la regulación del desove de *A. purpuratus* porque nuestros estudios del control de esta etapa del ciclo reproductivo nos han llevado a proponer un método de fecundación que podría incidir positivamente en el cultivo de este bivalvo y otros de características reproductivas similares. Respecto al desove, hemos demostrado que las monoaminas: serotonina, dopamina y noradrenalina cambian su contenido en la góndula durante este proceso como también sucede con los segundos mensajeros medidos. Existen numerosos estudios indicando que la serotonina es en general un inductor efectivo del desove. No obstante, esta inducción en pectínidos gonocóricos, requiere mayores dosis para liberar gametos femeninos que para la expulsión de los masculinos (Matsutani, 1990) y en los hermafroditas funcionales *A. irradians* (Gibbons y Castagna, 1984), *P. ziczac* (Vélez *et al.*, 1990), y *A. purpuratus* (Martínez *et al.*, 1996) sólo induce liberación de espermatozoides y no de ovocitos. Con respecto a otras aminas, no se han logrado resultados exitosos excepto en casos aislados usando dosis muy altas de ellas. Nuestros ensayos en *A. purpuratus* (Martínez *et al.*, 1996) mostraron que noradrenalina y dopamina al igual que la serotonina, no inducen liberación de ovocitos pero, si se las inyecta mezcladas con prostaglandina E<sub>2</sub>, logran en un porcentaje significativo esta liberación.

Se sabe que la gametogénesis en el ovario de moluscos bivalvos se detiene con la formación de ovocitos en profase I de la meiosis y se reinicia posteriormente, una vez que se rompe la vesícula germinativa. Esta ruptura de la vesícula (germinal vesicle break down – GVBD), dependiendo de la especie, puede ser antes o después que los gametos son liberados al medio. Nuestros estudios en *A. purpuratus* (Martínez *et al.*, 2000b) demostraron que los ovocitos, rompen su vesícula germinativa, alcanzando metafase-I, antes de ser liberados al exterior. Este reinicio de meiosis es parte del proceso de maduración del ovocito y en general, es gatillado por señales extracelulares o, en algunos casos, por contacto con espermatozoides. Entre las señales competentes

más estudiadas está la serotonina que, en experimentos *in vitro*, se ha demostrado que induce la ruptura de la vesícula germinativa en algunos bivalvos marinos y de agua dulce. En *A. purpuratus*, serotonina y las prostaglandinas E<sub>2</sub> y F<sub>2α</sub> incrementan el porcentaje de ovocitos que sufren esta ruptura (Martínez *et al.*, 2000b) alcanzando metafase, estado en el cual pueden ser fecundados. Al romperse la vesícula germinativa, la mayoría de los ovocitos de invertebrados marinos vuelven a detener la meiosis, esta vez en metafase-I y de este nuevo bloqueo son liberados por los espermatozoides o por algún compuesto químico que pueda imitar el efecto.

*A. purpuratus*, al igual que otros pectínidos que se cultivan, es un hermafrodita funcional, sus gametos femeninos y masculinos se desarrollan simultáneamente y cuando están maduros, son liberados unos a continuación de los otros, ante un estímulo adecuado. Esta estrategia reproductiva da por resultado altas probabilidades de autofecundación. El conducto de evacuación de ambos tipos de gametos es común y, al salir los ovocitos luego de ser evacuados los espermatozoides, muchos de ellos pueden ser fecundados por espermatozoides remanentes en el gonoducto. En casos de desoves inducidos en el laboratorio (caso de cultivos) esta probabilidad es mayor. En algunos pectínidos con igual estrategia reproductiva se ha planteado que en desoves de laboratorio la autofecundación es más bien la regla que la excepción (Castagna y Duggan, 1971 para *Argopecten irradians*; Beaumont, 1986 para *Pecten maximus*). Para *A. purpuratus*, Winkler y Estévez (2003) demostraron una autofecundación espontánea promedio de 9.9 por ciento, siendo mayor de 18 por ciento para el primer pulso de ovocitos y decreciendo en los posteriores. En la práctica, para controlar el incremento de la consanguinidad causada en los cultivos por este alto grado de autofecundación, se ha planteado utilizar los últimos pulsos de liberación de gametos para realizar las fecundaciones (Winkler y Estévez, 2003). Esta estrategia tiene la desventaja que reduce drásticamente la cantidad de ovocitos disponibles para ser fecundados, y no previene completamente la autofecundación.

En sistemas de reproducción controlada en cultivos, la autofecundación no es la única fuente de incremento de la consanguinidad. El uso de un número limitado de reproductores, diferencias en el número de machos y hembras empleados en los eventos de reproducción, diferencias en los tamaños de las familias, entre otros factores, pueden afectar negativamente el número efectivo de la población y causar un incremento en los niveles de consanguinidad de ellas (Falconer y Mackay, 1996). Debido a la alta fecundidad de *A. purpuratus*, en los procesos de reproducción en laboratorio se utiliza un número restringido de reproductores, y es previsible que el número efectivo sea aún menor que el de reproductores empleados, de modo que la consanguinidad tenderá a incrementarse progresivamente por este factor, además de la autofecundación que se produce normalmente.

## CONSECUENCIAS DE LA AUTOFECUNDACIÓN

La consecuencia más importante de la autofecundación, es el aumento de la consanguinidad. Esta condición ha sido generalmente relacionada con disminuciones en valores de la adecuación y de caracteres productivos en especies con reproducción cruzada. La causa de este fenómeno, conocido como depresión por consanguinidad, se relaciona con un incremento en la homocigosis, lo que causa que genes recesivos con efectos deletérios que, en una población grande con reproducción al azar, se presentan preferentemente al estado heterocigoto y no se expresan; si lo hacen al encontrarse en condición homocigota en una población consanguínea, afectando negativamente el valor promedio de los caracteres en la población (Falconer y Mackay, 1996).

Entre los trabajos más conocidos en pectínidos, están los de Beaumont (1986) en *Pecten maximus*, en los que se concluye que el crecimiento de las larvas véliger de esta especie es afectado por la auto fecundación. Con la intención de comparar grupos de ostiones con diferentes grados de consanguinidad, Ibarra *et al.* (1995) en experimentos con el pectínido *Argopecten circularis*, especie que presenta características reproductivas

similares a *A. purpuratus*; compararon los resultados de auto-fecundación y fecundación cruzada encontrando depresión tanto en el crecimiento como en la supervivencia de las larvas obtenidas por auto-fecundación. Si bien en *A. purpuratus* no se han detectado efectos significativos sobre la supervivencia ni crecimiento asociados al incremento de la consanguinidad en un 50 por ciento (Winkler y Estévez, 2003), Astorga y Galleguillos (1991) describieron una correlación positiva entre heterocigosidad y tamaño en adultos de esta especie. Otros estudios han mostrado efectos positivos de la heterocigosidad en loci que controlan la expresión de aloenzimas sobre la tolerancia a metales pesados por juveniles de este ostión (Troncoso *et al.*, 2000) y en distintos aspectos relativos a la fisiología y vinculados con la adecuación de los individuos (Brokordt, 2003). En otros aspectos, en *A. purpuratus* se ha encontrado que los reproductores con mayores niveles de heterocigosidad poseen gónadas con un mayor contenido tanto de proteínas como de carbohidratos (Brokordt *et al.*, 2007), lo que podría incidir directamente en la calidad de sus huevos y larvas. Además se observó que los ejemplares más heterocigotos poseen un mayor contenido de carbohidratos (Brokordt *et al.*, 2007), principal sustrato a ser usado como apoyo energético para la reproducción en pectínidios.

Tenemos entonces que tanto en el caso de *A. purpuratus* como en el de otros pectínidios que son hermafroditas funcionales, se producirían grados considerables de auto-fecundación dando por resultado altos niveles de consanguinidad. Cuando la reproducción es en laboratorio, con un número limitado de parentales, esta consanguinidad sería aún mayor. Si nos planteamos que cierto porcentaje de las larvas resultantes de auto-fecundación sobreviven hasta individuos en edad reproductiva y coexisten con los resultantes de exo-fecundación, se mantendría cierto nivel de consanguinidad en las poblaciones, produciendo algunos de los efectos negativos discutidos. Se ha planteado, y están en ejecución, proyectos para aplicar mejoramiento genético de *A. purpuratus* a través de la selección de reproductores para obtener semillas mejor adaptadas al cultivo para la industria, pero aunque anteriormente se ha tratado de reducir al mínimo la auto-fecundación, no se ha sido exitoso en ello.

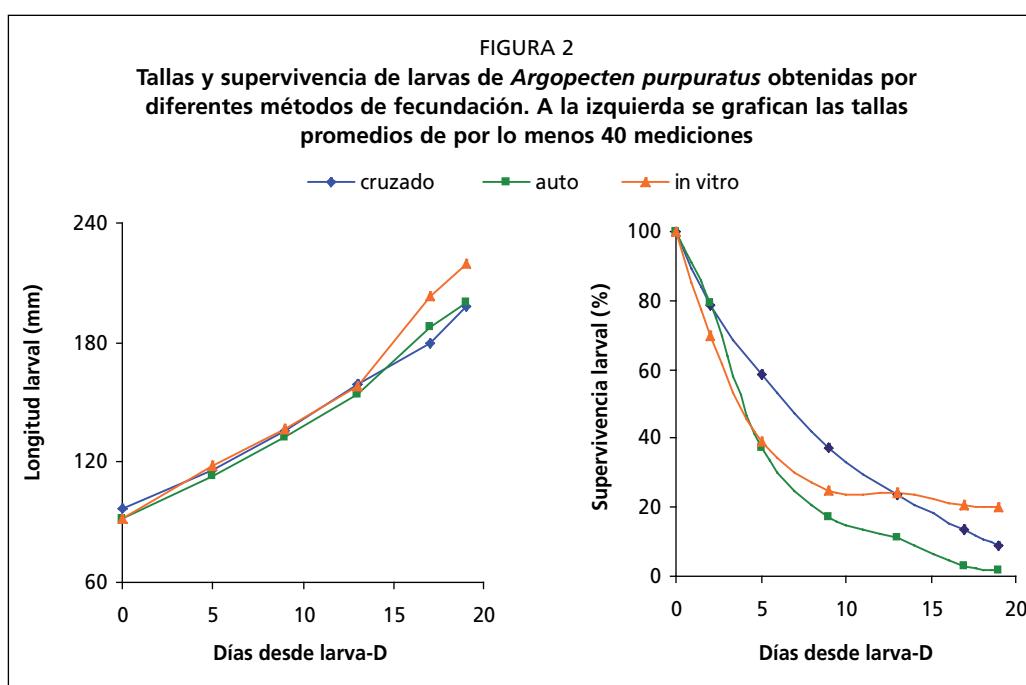
Frente a este problema, surge como una de las mejores alternativas la posibilidad de realizar fecundación *in vitro*. Es decir, obtener gametos por cortes y raspado de la gónada y fecundarlos controladamente. Este método ha sido ensayado por varios investigadores y a pesar de que obtuvieron larvas, éstas no fueron viables (Ibarra *et al.*, 1995; Alvarado-Alvarez *et al.*, 1996). El análisis de esos trabajos nos hicieron pensar que el problema de ellos para no tener éxito en la “fecundación *in vitro*” fue el no tener los ovocitos en estado de metafase antes de intentar fecundarlos. Entonces, a través de un proyecto FONDECYT (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico) recientemente terminado, desarrollamos una técnica de fecundación *in vitro* para *A. purpuratus*. El desarrollo de esta técnica se basó en nuestras investigaciones previas sobre aspectos de la fisiología reproductiva del ostión del norte y específicamente, sobre los procesos que regulan el desove (Martínez *et al.*, 2000b). Como dijimos, durante el desove, los ovocitos de *A. purpuratus* rompen su vesícula germinativa, entrando a metafase, después de la liberación de espermatozoides y antes de salir ellos al medio externo. También sabemos que algunos compuestos pueden liberar ovocitos desde pequeños trozos de gónada femenina y hacer que se produzca el reinicio de meiosis al incubar en un medio adecuado (Martínez *et al.*, 2000b).

El procedimiento se llamó «fecundación *in vitro*» y se controló contra otros dos procedimientos, llamados “auto-fecundación” y “fecundación cruzada”. Los detalles de la técnica y de sus resultados están descritos en un trabajo a ser publicado en revista Aquaculture (Martínez *et al.*, 2007).

Los porcentajes de fecundación obtenidos con los tres procedimientos utilizados fueron semejantes pero la supervivencia de embriones que llegaron a larva-D, fue más baja en el caso de fecundación *in vitro* que la obtenida por los otros dos tratamientos. No obstante, a lo largo del desarrollo larval, las tallas alcanzadas y la supervivencia

larval, por el método *in vitro* fueron mayores (Figura 2). Este resultado nos sugiere que este proceso de fecundación permite hacer una selección temprana de los individuos, antes de alcanzar éstos el estado de desarrollo en que debe iniciarse la alimentación exógena (larva-D), con todo el costo económico asociado a ella. Posteriormente, el porcentaje de recuperación de los juveniles provenientes de los gametos fecundados *in vitro* fue superior al de los obtenidos por los otros dos procedimientos (Cuadro 1). Este resultado es importante de considerar porque los cultivadores de esta especie de pectínido, informan que es en esta etapa, entre fijación e inicio de la fase juvenil, cuando a ellos se les producen las mayores mortalidades de individuos. El estudio de crecimiento de los juveniles (en largo y peso), mostró que aquellos obtenidos por autofecundación, crecen menos que los obtenidos por los otros métodos (Figura 3). Adicionales a estos análisis de los caracteres productivos (crecimiento y supervivencia) se realizaron estudios comparativos fisiológicos y genéticos en los juveniles (de tallas mayores de 3 cm) provenientes de los distintos tratamientos; no encontrándose diferencias significativas entre los grupos. Esto último lo interpretamos como consecuencia de las mortalidades previas pues suponemos que los animales con menores grados de heterocigosidad murieron antes de realizar estas mediciones.

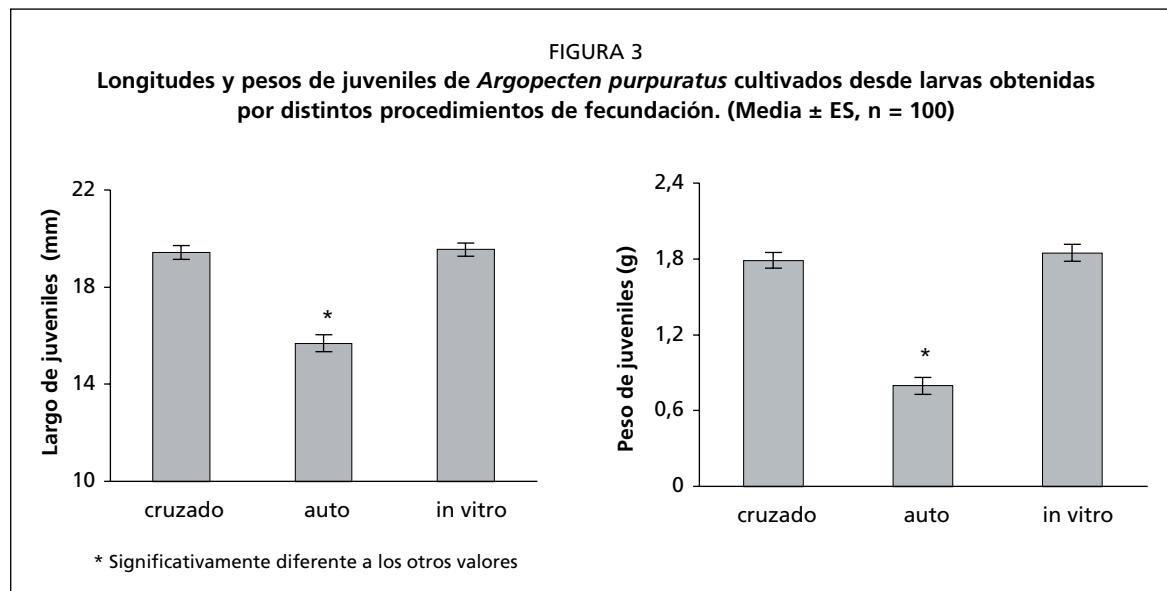
**FIGURA 2**  
**Tallas y supervivencia de larvas de *Argopecten purpuratus* obtenidas por diferentes métodos de fecundación. A la izquierda se grafican las tallas promedios de por lo menos 40 mediciones**



**CUADRO 1**

**Supervivencia de juveniles de *Argopecten purpuratus* crecidos desde larvas obtenidas por tres métodos de fecundación. Se presentan los valores obtenidos en dos estudios realizados. Los valores expresan porcentajes remanentes en distintas fechas desde el inicio del asentamiento larval**

Procedimiento de fecundación	% supervivencia	
	Primer muestreo (70 días en el mar)	Segundo muestreo (140 días en el mar)
<b>Primer estudio</b>		
Fecundación cruzada	0.40	0.35
Auto-fecundación	0.23	0.12
Fecundación <i>in vitro</i>	2.42	2.01
<b>Segundo estudio</b>		
Fecundación cruzada	1.68	0.85
Auto-fecundación	1.01	0.52
Fecundación <i>in vitro</i>	2.25	1.31



### CONCLUSIONES

Hemos realizado una pequeña revisión de los conocimientos que hemos generado respecto a los mecanismos de regulación de la reproducción de moluscos bivalvos. Para generar estos conocimientos se ha usado como especie modelo, el pectínido *Argopecten purpuratus*, en consideración a sus características reproductivas y al hecho que es una de las especies más cultivadas en Chile. No conocemos trabajos publicados, relacionados con los mecanismos de regulación endógena de la reproducción, que se hayan realizado en otra especie de molusco bivalvo, cultivado en algún otro país de América Latina. Sabemos que en México se están realizando algunos estudios para analizar el rol de segundos mensajeros, tipo prostaglandinas, y que también se ha ensayado la serotonina como inductora del desove.

Presentamos acá algunos resultados de nuestro último estudio en el cual, aplicando los conocimientos generados previamente desarrollamos una metodología que permitiría mejorar el rendimiento del cultivo del ostión *Argopecten purpuratus* al eliminar la autofecundación. Esta metodología se ensayó dos veces en laboratorio, con resultados semejantes y se espera sea probada prontamente en cultivos masivos en las Empresas del rubro.

Por otro lado, tenemos conocimiento que los problemas de auto-fecundación y sus consecuencias, no sólo afectan el cultivo de *A. purpuratus* sino también el de otros pectínidos hermafroditas funcionales, que se cultivan en otros países latinoamericanos y sabemos que esta metodología puede ayudar a solucionarlos y mejorar su producción.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado-Alvarez, R., Gould, M.C. y Stephano, J.L. 1996. Spawning, in vitro maturation, and changes in oocyte electrophysiology induced by serotonin in *Tivela stultorum*. *Biol. Bull.*, 190: 322–328.
- Astorga, M. y Galleguillos, R. 1991. Relación heterocigosidad, tasa de crecimiento y tasa metabólica en *Chlamys (Argopecten) purpurata* (L.). Resumen XI Jornadas de Ciencias del Mar, Valparaíso, Chile.
- Beaumont, A.R. 1986. Genetic aspects of hatchery rearing of the scallop, *Pecten maximus* (L.). *Aquaculture*, (57): 99–110.
- Brokordt, K.B. 2003. Integración genética y ecofisiología: efecto del grado de heterocigosidad sobre la adecuación biológica de bivalvos marinos. En: Francisco Bozinovic, ed. *Fisiología Ecológica y Evolutiva*, pags. 45–67. Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile.

- Brokordt, K., Winkler, F., Tremblay, I. y Guderley, H.** 2007. Bioenergetics and genetic variability of wild and domesticated *Argopecten purpuratus*. *Physiol Biochem Zool* (submitted).
- Castagna, M. y Duggan, W.** 1971. Rearing of the bay scallop, *Aequipecten irradians*. *Proc. Natl. Shell. Ass.*, (61): 80–85.
- Chavez-Villalba, J., Pommier, J., Andriamiseza, J., Pouvreau, S., Barret, J., Cochard, J.C. y Le Pennec, M.** 2002. Broodstock conditioning of the oyster *Crassostrea gigas*: origin and temperature effect. *Aquaculture*, (214): 115–130.
- Falconer, D.S. y Mackay, T.F.C.** 1996. Introduction to Quantitative Genetics, 4th ed. London, Longman Group.
- Gibbons, M.C. y Castagna, M.** 1984. Serotonin as an inducer of spawning in six bivalve species. *Aquaculture*, (40): 189–191.
- Grubert, M.A. y Ritar, A.J.** 2005. The effect of temperature and conditioning interval on the spawning success of wild-caught blacklip (*Haliotis rubra*, Leach 1814) and greenlip (*H. laevigata*, Donovan 1808) abalone. *Aquacult. Res.*, (36): 654–665.
- Ibarra, A.M., Cruz, P. y Romero, B.A.** 1995. Effects of inbreeding on growth and survival of self-fertilized catarina scallop larvae, *Argopecten circularis*. *Aquaculture*, (134): 37–47.
- Jeffs, A.G., Dunphy, B.J. y Wells, M.G.** 2002. Experimental effects of water temperature on the gametogenic development of broodstock in the oyster, *Ostrea chilensis*. *J Shellfish Res.*, (21): 743–747.
- Lannan, J.E., Robinson, A. y Bresse, W.P.** 1980. Broodstock management of *Crassostrea gigas*: II. Broodstock conditioning to maximal survival. *Aquaculture*, (21): 337–345.
- Martínez, G., Garrote, C., Mettifogo, L., Pérez, H. y Uribe, E.** 1996. Monoamines and prostaglandin E<sub>2</sub> as inducers of the spawning of the scallop, *Argopecten purpuratus* Lamarck. *J. Shell. Res.*, (15): 245–249.
- Martínez, G., Aguilera, C. y Mettifogo, L.** 2000a. Interactive effects of diet and temperature on reproductive conditioning of *Argopecten purpuratus* broodstock. *Aquaculture*, (183): 149–159.
- Martínez, G., Olivares, A.Z. y Mettifogo, L.** 2000b. In vitro effects of monoamines and prostaglandins on meiosis reinitiation and oocyte release in *Argopecten purpuratus* Lamarck. *Inv. Reprod. Dev.*, (38): 61–69.
- Martínez, G. y Pérez, H.** 2003. Effect of different temperature regimes on reproductive conditioning in the scallop *Argopecten purpuratus*. *Aquaculture*, (228): 153–167.
- Martínez, G., Mettifogo, L., Pérez, M.A. y Callejas, C.** 2007. A method to eliminate self-fertilization in a simultaneous hermaphrodite scallop. 1. Effects on growth and survival rates of larvae and juveniles. *Aquaculture* (In press).
- Matsutani, T.** 1990. Endogenous factors controlling spawning in marine bivalves. En: M. Hoshi y O. Yamashita, eds. *Advances in Invertebrate Reproduction*, vol. 5, pp. 231–37. Amsterdam, Netherlands, Elsevier Science.
- Román, G., Martínez, G., García, O. y Freites, L.** 2001. Reproducción, En: A.N. Maeda-Martínez, ed. *Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura*, pags. 27–29. México, Editorial Limusa.
- Sastray, A.N.** 1979. Pelecypoda (Excluding Ostreidae). En: Giese, A.C., Pearse, J.S., eds. *Reproduction of Marine Invertebrates*, vol. V, pags. 113–192. New York, Academic Press.
- Troncoso, L., Galleguillos, R. y Larraín, A.** 2000. Effects of cooper on the fitness of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Mollusca: Bivalvia). *Hydrobiologia*, (420): 185–189.
- Vélez, A., Alifa, A. y Aguaje, O.** 1990. Induction of spawning by temperature and serotonin in the hermaphroditic tropical scallop, *Pecten ziczac*. *Aquaculture*, (84): 307–313.
- Winkler, F.M. y Estévez, B.F.** 2003. Effects of self-fertilization on growth and survival of larvae and juveniles of the scallop *Argopecten purpuratus* L. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (292): 93–102.



# Estado actual del uso de marcadores moleculares en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura

**Marcela P. Astorga**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*CIEN Austral*

*Puerto Montt, Chile*

*E-mail: marcelaastorga@uach.cl*

**Astorga, M.P.** 2008. Estado actual del uso de marcadores moleculares en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 277–287.

## RESUMEN

Los marcadores moleculares corresponden a una amplia gama de herramientas para análisis directo e indirecto del ácido desoxirribonucleico (ADN), las cuales han sido desarrolladas en las últimas décadas, generando un desarrollo de la genómica estructural. Dentro de las diversas herramientas moleculares podemos destacar, RFLP (Restriction fragment length polymorphic), RAPD (Random amplified polymorphic DNA), AFLP (Amplified fragment length polymorphism), Microsatélites, Secuenciación, SNP (Single nucleotide polymorphism) y EST (Expressed sequence tags). La aplicación de estas herramientas ha llegado a ser muy amplia y la adecuada elección de alguno de estos métodos moleculares esta dada por el tipo de problemática a resolver. Los marcadores moleculares han sido utilizados en la gran mayoría de las áreas biológicas como ecología, evolución, sistemática y acuicultura. En este último ámbito, los marcadores moleculares han permitido llegar a resolver problemáticas como: caracterizar la variabilidad genética de un grupo, identificar especies y cepas, asignar paternidad o parentesco, apoyar la trazabilidad, identificar loci asociados a caracteres cuantitativos y realizar selección asistida por marcadores, entre las principales. En la presente revisión se muestran las líneas desarrolladas en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura de América Latina, mediante la utilización de marcadores moleculares y las problemáticas resultas en estas especies. Se plantean las áreas menos desarrolladas y que requieren de una mayor inversión en investigación para lograr alcanzar los niveles de otras especies o grupos. Por último, se plantean las proyecciones del desarrollo de la genómica y la necesidad de generar redes de interacción latinoamericanas para la formación de equipos de trabajo multidisciplinarios en la resolución de problemáticas esenciales para el desarrollo de la acuicultura en América Latina.

## ABSTRACT

Molecular markers correspond to a wide range of tools, which have been developed over the last few decades, for direct and indirect analysis of the deoxyribonucleic acid (DNA),

in order to bring about the development of structural genomics. The Restriction fragment length polymorphic (RFLP), Random amplified polymorphic DNA (RAPD), Amplified fragment length polymorphism (AFLP), Microsatellites, Sequencing, Single nucleotide polymorphism (SNP) and Expressed sequence tags (EST) are among these tools. The application of DNA marker technologies and the choice of some of these molecular methods are determined by the type of research conducted. The molecular markers have been used in areas such as ecology, evolution, systematic and also in aquaculture. In the latter area, the molecular markers have allowed resolving problems such as analyses of genetic variability, species identification, parental assignments or kinship, traceability, quantitative traits loci identification for marker assisted selection, and so on. This review summarizes the main lines developed for commercially important bivalve species in Latin America by means of molecular markers and the problems that resulted. Finally, a projection of the structural genomic development is outlined. The increasing need to generate Latin American networks of multidisciplinary teams is an important component for the future development of aquaculture in Latin America.

## INTRODUCCIÓN

La genómica en forma general ha sido definida como el estudio de los genes y su función, la cual tiene por objetivo entender la estructura del genoma, el mapeo de genes y la secuenciación del ácido desoxirribonucleico (ADN). La genómica examina los mecanismos moleculares y la interacción de la genética y los factores ambientales (McKusick y Ruddle, 1987). Esta gran línea de investigación ha sido dividida en genómica estructural y genómica funcional. En esta revisión nos enfocaremos principalmente a la primera de estas. La genómica estructural corresponde al conocimiento de las características estructurales de los cromosomas, genes y ADN. Para llegar a lograr el gran avance de la genómica, ha sido necesario el desarrollo de una amplia variedad de técnicas moleculares las que han sido utilizadas como herramientas de información. Estas técnicas moleculares son las que han permitido un desarrollo exponencial en el conocimiento de las bases genéticas de diversas respuestas y procesos presentes en los organismos. La aplicación de estas técnicas ha impactado diversos ámbitos de la biología incluyendo la biología marina y la acuicultura, lo cual ha sido revisado por diferentes autores (Liu y Cordes, 2004; Wilson *et al.*, 2005; Saavedra y Bachere, 2006; Dupont *et al.*, 2007). La siguiente revisión intenta dar a conocer en forma ordenada las herramientas utilizadas para la obtención de marcadores moleculares y su aplicación en acuicultura, para lo cual se hará un análisis general de cada tipo de marcador de ADN indicando sus principios genéticos, sus ventajas y desventajas. Posteriormente se presentarán los diferentes ámbitos de aplicación de estos marcadores moleculares y su impacto en la acuicultura. Por último, se hará una revisión del estado actual y las proyecciones futuras de la utilización de estos marcadores en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura con un fuerte énfasis en la acuicultura de América Latina.

## Marcadores moleculares

Los marcadores moleculares corresponden a un conjunto de técnicas que permiten visualizar o indicar la presencia de variantes alélicas, producto de algún tipo de mutación establecida en las poblaciones a través del tiempo evolutivo. Esta variación genética detectada es conocida como polimorfismo y es lo que nos permite separar grupos, poblaciones, cepas, especies o grupos taxonómicos mayores. El objetivo de la obtención de marcadores moleculares es establecer variantes polimórficas que nos permitan discriminar entre grupos de estudio al nivel que este sea necesario. Estas medidas nos permiten obtener una marca que diferencia un grupo de otro.

### Tipos de marcadores moleculares

- RFLP (*Restriction fragment length polymorphic*): Este método consiste en la obtención de fragmentos de ADN, debido al uso de endonucleasas capaces de reconocer sitios de unión altamente específicos. Las endonucleasas de restricción son enzimas que cortan el ADN en secuencias específicas presentes en el organismo, generando fragmentos. Estos fragmentos pueden variar en tamaño y número entre los grupos analizados. Estos fragmentos son analizados mediante southern blot, en el cual el ADN digerido, es separado mediante electroforesis, transferido a una membrana y visualizado mediante sondas específicas.
- PCR-RFLP: Este método corresponde a una variante de obtención más rápida que la mencionada anteriormente. Debido al aumento en el conocimiento del genoma de diversos organismos, junto con el diseño de diversos partidores universales, actualmente es posible obtener miles de copias del fragmento de ADN, mediante PCR (*Polymerase Chain Reaction*). Por lo cual en este proceso se realiza la digestión en forma posterior a la obtención de las copias por PCR del fragmento de interés, los fragmentos son visualizados mediante electroforesis simple en gel de agarosa. Este marcador entrega información codominante.
- RAPD (*Random amplified polymorphic DNA*): Este método fue desarrollado en los 90' y consiste en la amplificación al azar de secuencias cortas de nucleótidos, mediante la utilización de un par de pequeños partidores de 8 a 10 bp que reconocen sitios anónimos en el genoma total, los que son amplificados por PCR. Mediante este método es posible obtener una alta cantidad de fragmentos que son visualizados mediante electroforesis en gel de agarosa. Este tipo de marcadores amplifica regiones anónimas por lo cual se define como un marcador dominante a diferencia de los marcadores antes descritos y se considera que cada fragmento corresponde a un locus bi-alélico, que es leído como presencia o ausencia de un producto amplificado. Debido a su rapidez puede ser utilizado para análisis poblacional en un alto número de individuos, pero con la certeza de la mantención de las condiciones de amplificación para evitar cambios en los patrones de amplificación.
- AFLP (*Amplified fragment length polymorphism*): Este método consiste en la utilización de enzimas de restricción junto a amplificación por PCR. En esta técnica se utilizan adaptadores de secuencias conocidas, que se unen a fragmentos de ADN generados por digestión del ADN genómico total. Los adaptadores se unen a los extremos de fragmentos de ADN de secuencias conocidas y son usados como sitios de unión de los partidores para amplificación por PCR, los fragmentos obtenidos son visualizados mediante electroforesis. Estos resultados son analizados mediante presencia-ausencia de un locus dado, por lo cual corresponden a un marcador dominante. Este método se ha llegado a usar en forma más amplia debido al alto polimorfismo capaz de detectar y al bajo costo de su aplicación en relación a la información obtenida. Su desventaja esta dada en la dificultad de la lectura manual o el requerimiento de equipo automatizado para su rápida lectura.
- Microsatélites SSR (*Simple sequence repeats*): Estos consisten en unidades de 2 a 5 nucleótidos los cuales se encuentran repetidos en tandem. Las regiones adyacentes a estas zonas generalmente son conservadas, por lo cual es posible diseñar partidores que permitan obtener miles de copias de estas zonas mediante amplificación por PCR. Los resultados de este análisis pueden ser visualizados mediante gel de agarosa de alta resolución o mediante lectura automatizada en un secuenciador de ADN. El polimorfismo de los microsatélites es basado en la variación en el número de repeticiones en tandem de los alelos de un locus. Estos han llegado a ser muy utilizados por su alta abundancia en el genoma, la alta variabilidad debido a su elevado número de alelos por locus y por su forma de herencia codominante, lo que permite aplicar una variedad de análisis estadísticos poblacionales.

- Secuenciación: Consiste en la lectura de las bases nucleotídicas presentes en un gen o fragmento de ADN. Este método requiere de amplificación por PCR de múltiples copias del fragmento de ADN objetivo para la realización de una lectura automatizada mediante un secuenciador de ADN. La gran ventaja de este método es que alcanza la mayor resolución posible en la obtención de la información genética y su desventaja se relaciona con los costos y los requerimientos de equipos automatizados.
  - ADN nuclear: Es posible realizar secuenciación de genes nucleares de copia única, como las repeticiones del ADN ribosomal, el cual ha sido ampliamente utilizado por presentar múltiples copias en el genoma, alta variabilidad y por poseer regiones adyacentes conservadas que ha permitido definir partidores.
  - ADN mitocondrial: Este ADN posee una tasa mutacional mayor que el ADN nuclear, lo cual lo hace presentar una mayor resolución para resolver relaciones entre grupos más cercanos y además existen en múltiples copias en el citoplasma, las cuales son idénticas entre sí por su ausencia de recombinación y herencia uniparental (solo herencia maternal). El genoma mitocondrial en su mayoría posee genes codificantes, sin embargo presenta un fragmento donde se inicia la replicación y transcripción, el cual presenta una alta tasa de mutación principalmente por ser no codificador, este corresponde a la región control o *D-loop*, para el cual se han diseñado partidores universales o específicos en un diverso número de taxa.
- SNP (*Single nucleotide polymorphism*): este marcador corresponde a la detección de un cambio en una sola base nucleotídica por otra base alternativa en una posición en la secuencia de ADN. Dicha posición de la base nucleotídica con secuencias alternativas en el ADN genómico corresponde a un SNP (Vignal *et al.*, 2002). Este marcador ha mostrado ser mayoritariamente bi-alelico, determinado por la baja tasa de mutación de las sustituciones únicas que originan los SNP. Las ventajas de este marcador son su herencia codominante y su gran abundancia en el genoma. Sus desventajas se encuentran asociadas a los métodos de genotipificación, los cuales incluyen equipamiento de alto costo como microchips, espectrometría de masa, PCR cuantitativa o secuenciación.
- EST (*Expressed sequence tags*): Secuencias de genes expresados que son generadas desde secuenciación al azar de clones de ADN complementario (Adams *et al.*, 1991). Este método permite identificar genes y analizar su expresión por medio de perfiles de expresión de genes a partir de algún tejido específico. Este tipo de marcador permite el desarrollo de microarreglos de ADN complementario que se utiliza para el análisis de genes expresados diferencialmente. Los microarreglos se basan en la unión de bases complementarias que permiten identificar los genes activos del tejido de un organismo en base a su unión dentro de la placa que contienen todos los genes conocidos de una especie. De esta forma es posible detectar mediante el «encendido/apagado» de cada gen la transcripción dentro de las células del tejido específico.

El resumen de las características de los diferentes tipos de marcadores moleculares se observa en la Cuadro 1.

CUADRO 1

**Características de los diferentes tipos de marcadores moleculares**

Tipo	Variabilidad	Herencia	Genoma	Reproducibilidad	Costo
RFLP	Media	Codominante	Completo	Alta	Medio
PCR-RFLP	Media	Codominante	Parcial	Alta	Medio
RAPD	Alta	Dominante	Completo	Baja	Bajo
AFLP	Alta	Dominante	Completo	Media	Medio
Microsatélites	Alta	Codominante	Parcial	Alta	Medio
Secuenciación	Media	Codominante	Parcial	Alta	Alto
SNP	Alta	Codominante	Parcial	Alta	Alto
EST	Media	Codominante/Dominante	Parcial	Alta	Alto

## Aplicación de los marcadores moleculares

Actualmente es posible utilizar los marcadores de ADN en todas las áreas de las ciencias biológicas, debido a que han llegado a transformarse en una poderosa herramienta, encontrando su utilización en áreas como: taxonomía y sistemática, ecología, biología evolutiva y acuicultura entre otras (ver revisiones en Parker *et al.*, 1998; Feral, 2002; Vignal *et al.*, 2002; Zhang y Hewitt, 2003; Liu y Cordes, 2004). Sin embargo, se hace más relevante entender la aplicación de los marcadores moleculares en base a las problemáticas que permite resolver, lo cual será desarrollado a continuación.

### Problemáticas a resolver en acuicultura

- a) Medición de la variabilidad genética. En acuicultura es de gran utilidad conocer la variabilidad genética de las poblaciones y de los grupos de reproductores. Muchos grupos de reproductores son líneas resultantes de procesos de mejoramiento genético, lo cual puede llevar a la disminución de la variabilidad genética a niveles críticos, por lo cual es necesario realizar monitoreos de la diversidad genética y poder establecer relaciones con aquellos grupos no sometidos a selección, con el fin de poder diseñar nuevos cruzamientos para re-establecer los niveles de variabilidad genética. Por otro lado, el conocer la variabilidad genética nos entrega estimadores para la caracterización de las cepas, los grupos o las poblaciones que nos permita discriminar entre ellos, identificar las poblaciones fuentes, estimar divergencias poblacionales e identificar el flujo génico entre bancos naturales o semilleros. Para lograr estimar adecuados niveles de variabilidad se requiere de marcadores de alta resolución y que muestren un nivel de variabilidad suficiente para diferenciar grupos. Para este tipo de problemáticas se han utilizado RFLP, RAPD y secuenciación de regiones altamente variables, sin embargo, los tipos de marcadores más adecuados debido al alto nivel de variabilidad detectada corresponden a los AFLP y microsatélites.
- b) Asignación de paternidad, parentesco o procedencia. En la obtención de grupos de semillas, es requerido conocer su procedencia o la identificación de sus parentales, esto con el fin de asegurar la calidad de las semillas obtenidas. Actualmente esto es posible de obtener mediante la construcción de pedigrí y el establecimiento de las relaciones de parentesco entre grupos de semillas y grupos de reproductores. Para este tipo de análisis la utilización de microsatélites llega a ser uno de los marcadores mas apropiado, debido a la alta variabilidad registrada, lo cual permite marcar diferencias entre grupos muy cercanos. Debido a su herencia codominante también permite identificar y deducir los genotipos observados y esperados. La asignación de parentesco molecular también ha sido de utilidad en los planes de mejoramiento genético clásico, debido a que permite identificar el nivel de parentesco entre los individuos que serán seleccionados como reproductores y de esta forma se evita el aumento en los valores de endogamia, también permite realizar la confirmación de los cruzamientos realizados.
- c) Identificación de especies y cepas (*barcoding*). La identificación de una cepa o especie es algo fundamental en el inicio de cualquier investigación. Esta consiste en la identificación de una especie, cepa o híbrido, ya sea para reconocer la posible presencia de más de una especie dentro de un grupo, la identificación de una cepa para reproducción, o la identificación de cepas puras o híbridas dentro de mezcla de grupos. Se ha llegado a proponer, en el ámbito marino, la búsqueda de un marcador universal que sea aplicable a una amplia gama de organismos, mediante el uso de partidores universales, para esto se ha propuesto la utilización de la secuenciación del gen mitocondrial Citocromo oxidasa I (COI) (Dupont *et al.*, 2007), el cual permitiría identificar a nivel de especie una gran diversidad de organismos marinos. La identificación de especies y/o cepas también pueden ser resueltas rápidamente utilizando RAPD y AFLP, debido que al ser marcadores

dominantes los grupos híbridos presentaran un perfil de bandas que combine las bandas únicas desde los grupos puros. Para la identificación de cepas, se requiere la utilización de marcadores de mayor resolución debido a la alta similitud que pueden presentar, por lo cual en este caso es posible utilizar microsatélites o AFLP. Dentro de esta aplicación se ha desarrollado una línea de gran utilidad que es la identificación de especies desde los diferentes estados de vida, destacando la gran utilidad que puede tener para la identificación de huevos y larvas.

- d) Trazabilidad. Esta permite hacer un seguimiento de un producto desde sus parentales, su línea familiar, las semillas y finalmente el producto cosechado. La trazabilidad implica el seguimiento para la mantención de la seguridad alimentaria, por lo cual implica una diversidad de medidas que van mas allá del enfoque de esta revisión (ver revisión de Hastein *et al.*, 2001). Sin embargo, para algunos tipos de seguimientos en las líneas de producción de especies acuáticas, se han propuesto metodologías moleculares como herramientas rápidas y altamente seguras. Para este tipo de análisis es posible utilizar diversos métodos, sin embargo algunos son de alto costo o requieren de mayor tiempo (e.g. secuenciación), lo que ya no los hace eficientes para el rápido análisis en el proceso de la trazabilidad, por lo que la utilización de microsatélites o AFLP llegan a ser más apropiados para este tipo de problemática.
- e) Identificación de loci de caracteres cuantitativos (QTL: *quantitative traits loci*). En acuicultura y en los programas de mejoramiento genético clásico es de alta relevancia el mejoramiento de caracteres cuantitativos (i.e. tasa de crecimiento, resistencia enfermedades, etc.). Estos caracteres se encuentran regulados por múltiples loci, por lo cual el uso de genes individuales es de menor utilidad. Debido a esto, para conocer la variación de los caracteres cuantitativos se requiere de la búsqueda de marcadores moleculares asociados a la variación de dicho carácter cuantitativo (QTL) y de esta forma se genera la base para la implementación de planes de manejo. Los QTL son genes no identificados que afectan al carácter cuantitativo que esta siendo mejorado. La posición cromosomal de un QTL en el genoma de una especie puede ser identificada mediante un mapa de ligamiento genético. Estos mapas de ligamiento genético se construyen en base a la segregación, desde parentales a la descendencia, de los marcadores polimórficos, dependiendo de la forma de segregación es posible reconstruir su distribución en el cromosoma. Una vez construido el mapa de ligamiento es posible aplicarlo para la búsqueda de asociación de QTL con marcadores moleculares.
- f) Selección asistida por marcadores moleculares (MAS: *Marker assisted selection*). La selección asistida por marcadores consiste en el proceso en el cual los reproductores de un programa de mejoramiento genético clásico son elegidos en base a sus genotipos usando marcadores moleculares. Para implementar la selección asistida por marcadores se requiere de la obtención de un mapa de ligamiento genético de alta resolución y conocer el número de QTL que afectan a un rasgo de producción determinado. Se espera que con el tiempo puedan llegar a identificarse genes asociados a los caracteres cuantitativos mas que marcadores, para de esta forma llegar a aplicar programas de mejoramiento asistido por genes (GAS: *Gene assisted selection*).
- g) Expresión génica. La utilización de los EST permite la construcción de microarreglos de ADN, para de esta forma llegar a entender el funcionamiento de los genes mediante la expresión diferencial de estos frente a una diversidad de variables asociadas al individuo en estudio, como pueden ser: diferentes condiciones ambientales, diferencias del desarrollo, diferentes órganos o tejidos, variaciones espaciales, etc. La utilización de la expresión diferencial mediante el uso de microarreglos es posible de aplicar en una amplia gama de interrogantes,

ya sea conocer la expresión en individuos sometidos a estrés por contaminantes (biomonitoreo), en individuos con diversas patologías, en respuesta a la diversidad ambiental, etc.

### **Estado actual del uso de marcadores moleculares en moluscos bivalvos cultivados en América Latina**

Al realizar la búsqueda del conocimiento de la genómica estructural en moluscos bivalvos, es posible detectar la baja cantidad de información en relación a otros grupos de especies de cultivo. Mediante una búsqueda en la base de datos del Centro Nacional para la información biotecnológica (NCBI: *Nacional Center for Biotechnology Information*) GenBank, fue posible encontrar para el phylum Mollusca, 580 192 secuencias nucleotídicas de genes totales, genes parciales o fragmentos de ADN de diferentes individuos de diversas especies, dentro de moluscos bivalvos se encontraron 74 795 secuencias nucleotídicas, lo cual es muy bajo comparado con los más de 5 millones de registros de información encontrada para teleósteos o los más de 700 000 registros solo en salmones. En moluscos bivalvos fue posible encontrar 12 secuencias de genomas mitocondriales completos con la identificación de entre 12 y 13 genes totales para las especies *Crassostrea gigas*, *Hiatella arcaica*, *Mytilus trossulus*, *Lampsilis ornata*, *Crassostrea virginica*, *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, *Venerupis (Ruditapes) philippinarum*, *Argopecten irradians*, *Placopecten magellanicus*, *Acanthocardia tuberculata* y *Mizuhopecten yessoensis*.

Para conocer el estado actual del conocimiento y la aplicación de los marcadores moleculares en moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura de América Latina, se revisó el estado de desarrollo de esta línea de investigación, clasificados en tres grandes grupos: Ostreidos (ostras), Pectínidos (ostiones y vieiras) y mitílidos (choritos y mejillones).

#### **Ostreidos**

Para el caso de ostras, en las especies *Crassostrea virginica* y *Crassostrea gigas* se encuentra el mayor desarrollo de la genómica estructural, ya sea para obtención de información básica como también para su aplicación a la acuicultura. En la ostra del este *C. virginica* encontramos el desarrollo de microsatélites para la construcción de mapas de ligamiento y monitoreo en los proyectos de restauración (Reece *et al.*, 2002). En esta misma especie se ha comparado individuos silvestres y de cultivo, mediante análisis de microsatélites, lo cual muestra una menor variabilidad genética en las cepas de cultivo en relación a las silvestres (Carlsson *et al.*, 2006). En la ostra del pacífico *C. gigas* se han desarrollado marcadores de AFLP (Li y Guo, 2004) y microsatélites (Hubert y Hedgecock, 2004) para la construcción de mapas de ligamiento. En ambas especies de ostras se ha realizado la secuenciación de su genoma mitocondrial completo (Milbury y Gaffney, 2005). Actualmente el único proyecto de secuenciación de un genoma nuclear completo está siendo desarrollado para la ostra del pacífico *C. gigas* (Hedgecock *et al.*, 2005), siendo esta especie la que presenta el mayor desarrollo de la genética molecular y de marcadores moleculares, lo que ha permitido proyectar la secuenciación de su genoma completo. Se han utilizado marcadores EST en ostras *C. gigas* infectadas con bacterias, mediante construcción de genotecas desde las cuales se identificó 20 genes con posible función inmune (Gueguen *et al.*, 2003). En menor proporción, es posible encontrar trabajos desarrollados en otras especies de ostras, como *Crassostrea ariakensis* donde se han realizado estudios de determinación de variabilidad de poblaciones naturales, mediante microsatélites, para identificar poblaciones reducidas por sobreexplotación y sus diferencias con grupos obtenidos desde hatcheries, esto con el fin de definir cepas para ser utilizadas como fuente de introducción de variabilidad genética (Zhang *et al.*, 2005). En la ostra perlífera *Pteria sterna* se ha detectado reducción poblacional por evento fundador en un proceso de colonización de esta especie en Baja California (Arnaud-Haond *et al.*, 2005).

### Pectínidos

Este corresponde al grupo menos estudiado, donde solo es posible encontrar algunos trabajos de información genética básica, donde destacan estudios en especies del género *Argopecten*, como *A. ventricosus (circularis)*, donde se ha determinado la variabilidad genética de las poblaciones de baja California, estableciendo diferenciación poblacional entre localidades extremas (Maeda *et al.*, 1999), o diferencias poblacionales en respuesta al estrés (Cruz *et al.*, 1998), o estudios de sus relaciones evolutivas mediante análisis de filogenia (Saavedra y Peña, 2006). Este grupo se encuentra más desarrollado pero en especies distribuidas fuera de América Latina.

### Mitílidos

Dentro de este grupo las especies más estudiadas corresponden a especies de amplia distribución como *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus edulis*. El mitílido *M. galloprovincialis* ha sido utilizado para el monitoreo ecotoxicológico mediante análisis genómico (Venier *et al.*, 2003), determinando secuencias EST desde diferentes tejidos de individuos sometidos a estrés, a partir de las cuales se identificaron series de genes para generar microarreglos de ADN para detección de respuesta al estrés (Dondero *et al.*, 2006). Se ha caracterizado en especies del género *Mytilus* la presencia de satélites y microsatélites (Presa *et al.*, 2002), además del uso de marcadores de AFLP (Lallias *et al.*, 2007). En este grupo se ha realizado trabajos para entender las relaciones evolutivas entre las especies (Distel, 2000), debido al alto grado de hibridación observado entre ellas (Riginos *et al.*, 2002) y los procesos de colonización de especies de una lugar a otro (Toro *et al.*, 2006). En este grupo de especies, se ha establecido mediante secuenciación de regiones mitocondriales la forma de herencia diferencial del genoma mitocondrial en relación a las otras especies de bivalvos, debido a que en este grupo se observa herencia biparental (i.e. ambos padres) y no solo herencia maternal (Hoeh *et al.*, 1996). Se ha determinado marcadores de RAPD para la discriminación e identificación de especies de mitílidos y su potencial uso para identificación larval (Toro, 1998). En *Mytilus chilensis* se ha realizado la estimación de variabilidad a lo largo de su distribución, identificando los procesos que restringen el flujo génico, donde también se ha identificado la presencia de otras especies en rangos no descritos anteriormente, como es el caso de la presencia de *M. galloprovincialis* en la costa chilena (Toro *et al.*, 2006). Se ha utilizado marcadores moleculares para la detección de introgesión en especies del género *Mytilus*, las cuales se han detectado como altamente formadoras de híbridos (Bierne *et al.*, 2003).

### Necesidades y proyecciones futuras

El gran desarrollo de las herramientas moleculares ha permitido que la genética y la genómica sean cada vez más importantes para llegar a entender los procesos presentes en los organismos y por lo tanto se hace cada vez más relevante su utilización en acuicultura. La utilización de marcadores moleculares ha llegado a ser más amplia en diferentes áreas de investigación entre esas incluida la acuicultura, sin embargo, se considera que esta aún se encuentra en su fase exponencial y su utilización está aún en desarrollo, sobre todo en América Latina.

Se espera a futuro una masificación en el uso de herramientas moleculares para responder un amplio ámbito de preguntas en el manejo y acuicultura de recursos acuícolas, debido a la rapidez de sus resultados, al alto porcentaje de certeza de sus análisis y a la amplia gama de información que entrega. En acuicultura se espera un mayor desarrollo en áreas como la construcción de mapas genéticos y búsqueda de QTL para posteriormente poder aplicarlos en la implementación de la selección asistida por marcadores (MAS) la cual puede llegar a tener un alto impacto en la acuicultura (Liu y Cordes, 2004). Otra línea que debería llegar a tener alto desarrollo y que aún se encuentra en proceso es el estudio de EST para la implementación de microarreglos, lo cual permite llegar a entender las causas de las diversas respuestas fenotípicas observadas en nuestros

organismos de estudio. Sin embargo, se considera relevante el desarrollo de estudios básicos que entreguen información sobre los niveles de variabilidad y las estructuras poblacionales de recursos en los cuales aun no se desarrolla este tipo de estudios. Esto último posee relevancia para el apoyo de estrategias de conservación de los bancos naturales, los cuales son la base para el posterior desarrollo de la acuicultura de muchos recursos, o para el adecuado manejo de áreas de extracción asignadas a pequeños grupos de pescadores. La obtención de la información de los genes, del genoma y su expresión, permitirá llegar a conocer la diversidad genética para entender los procesos biológicos desde sus niveles más pequeños hasta los sistemas más complejos.

Hasta la fecha solo algunas especies se encuentran sus genomas secuenciados y esto se reduce aun más cuando nos centramos en moluscos bivalvos. Se espera que a futuro, y con las herramientas ya existentes, este número debiera aumentar en forma gradual o exponencial, además se espera llegar a aumentar el conocimiento de genes y/o fragmentos nucleares que permitan ser utilizados para resolver problemáticas biológicas. La aproximación metagenómica (Dupont *et al.*, 2007) generará a futuro un mayor entendimiento de los sistemas complejos como las estructuras comunitarias o ensambles biológicos, lo cual es relevante para entender la interacción organismo-ambiente. Según como se ha presentado el desarrollo de las herramientas moleculares se espera a corto plazo un gran desarrollo de nuevas herramientas moleculares y nuevos métodos para el análisis molecular. Además para lograr estos análisis complejos se requiere de equipos de trabajo altamente coordinados, lo cual se basa en la capacidad humana del desarrollo del trabajo en equipo.

## CONCLUSIONES

- Se determina el amplio tipo de problemáticas capaces de resolver la utilización de herramientas moleculares representadas por los diversos tipos de marcadores de ADN.
- Se establece un bajo desarrollo de la investigación realizada en especies de moluscos bivalvos de importancia para la acuicultura de América Latina en las áreas de la genómica estructural y en las problemáticas capaces de resolver, desde los niveles básicos a aquellos más aplicados. Sin embargo, se observa un alto grado de desarrollo en algunas especies, las cuales corresponden a especies de amplia distribución que son importantes para la acuicultura a nivel mundial.
- Se establece un bajo desarrollo de la investigación realizada por científicos de América Latina en las áreas de genómica estructural y sus problemáticas asociadas.
- Se considera relevante la formación de redes multidisciplinarias enfocadas al desarrollo de la genómica en América Latina destinada a especies acuáticas. Esto generaría un impulso al desarrollo de esta línea molecular y permitiría un avance cuantitativo de la acuicultura desde una fase tradicional hacia una acuicultura de avanzada, mediante la generación de grupos de apoyo entre investigadores, empresas e instituciones del estado, para el desarrollo de una acuicultura de futuro sustentable.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adams, M.D., Kelley, J.M., Gocayne, J.D., Dubnicj, M., Polymeropoulos, M.H., Xiao, H., Cerril, C.R., Wu, A., Olde, B., Moreno, R.F., Kerlavage, A.R., McCobie, W.R. y Venter, J.C. 1991. Complementary DNA sequencing: expressed tags and human genome Project. *Science*, 252: 1651–1656.
- Arnaud-Haond, S., Blanc, F., Bonhomme, F. y Monteforte, M. 2005. Recent foundation of Mexican populations of pearl oyster (*Pteria sterna*) revealed by lack of genetic variation on two mitochondrial genes. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 85: 363–366.

- Bierne, N., Borsa, P., Daguin, C., Jollivet, D., Viard, Bonhomme, F. y David, P. 2003. Introgression patterns in the mosaic hybrid zone between *Mytilus edulis* and *M. galloprovincialis*. *Molecular Ecology*, 12: 447–461.
- Caetano-Anolles, G. y Gresshoff, P.M. 1997. *DNA Markers: protocols, applications and overviews*. Wiley-Liss Inc. 364 pp.
- Carlsson, J., Morrison, C.L. y Reece, K.S. 2006. Wild and aquaculture populations of the eastern oyster compared using microsatellites. *Journal of Heredity*, 97(6): 595–598.
- Cruz, P., Ramirez, J.L., Garcia, G.A. e Ibarra, A.M. 1998. Genetic differences between two populagtions of catarina scallops (*Argopecten ventricosus*) for adaptations for growth and survival in a stressful environment. *Aquaculture*, 166(3): 321–335.
- Distel, D.L. 2000. Phylogenetic relationships among Mytilidae (Bivalvia): 18S rRNA data suggest convergence in Mytilid body plans. *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 15(1): 25–33.
- Dondero, F., Placentini, L., Marsano, F., Rebelo, M., Vergani, L., Venier, P. y Viarengo, A. 2006. Gene transcription profiling in pollutant exponed mussels (*Mytilus* spp.) using a new low-density oligonucleotide microarray. *Gene*, 376: 24–36.
- Dupont, S., Wilson, K., Obst, M., Skold, H., Nakamo, H. y Thorndyke, M.C. 2007. Marine ecological genomics: when genomics meets marine ecology. *Marine Ecology Progress Series*, 332: 257–273.
- Feral, J.P. 2002. Review – How useful are the genetic markers in attempts to understand and manage marine biodiversity?. *Journal Experimental Marine Biology and Ecology*, 268: 121–145.
- Gueguen, Y., Cadoret, J.P., Flament, D., Barreau-Roumiguere, C., Girardot, A.L., Garnier, J., Hoareau, A., Bachere, E. y Escoubas, J.M. 2003. Immune gene discovery by expressed sequence tags generated from hemocytes of the bacteria-challenged oyster, *Crassostrea gigas*. *Gene*, 303: 139–145.
- Hastein, T., Hill, B.J., Berthe, F. y Lightner, D.V. 2001. Traceability of aquatic animals. *Rev. Sci. Tech.*, 20: 564–583.
- Hedgecock, D., Gaffney, P.M., Goulletquer, P., Guo, X., Reece, K. y Warr, G.W. 2005. The case for sequencing the pacific oyster genome. *Journal of shellfish research*, 24(2): 429–441.
- Hoeh, W.R., Stewart, D.T., Sutherland, B.W. y Zouros, E. 1996. Multiple origins of gender-associated mitochondrial DNA lineages in bivalves (Mollusca: Bivalvia) *Evolution*, 50: 2276–2286.
- Hubert, S. y Hedgecock, D. 2004. Linkage maps of microsatellite DNA markers for the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Genetics*, 168(11): 351–362.
- Lallias, D., Lapegue, S., Hecquet, C., Boudry, P. y Beaumont, A.R. 2007. AFLP-based genetic linkage maps of the blue mussel (*Mytilus edulis*). *Animal Genetics*, 38(4): 340–349.
- Li, L. y Guo, X. 2004. AFLP-based genetic linkage maps of the pacific oyster *Crassostrea gigas* Thunberg. *Marine Biotechnology*, 6: 26–36.
- Liu, Z.J. y Cordes, J.F. 2004. DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture*, 238: 1–37.
- Maeda, A., Hernandez, N., Balart, E., Amador, E., Sierra, E. y Rojas, D. 1999. Variabilidad genética de las poblaciones naturales de almeja Catarina (*Argopecten ventricosus=circularis*). Informe Técnico.
- Martinez-Lage, A., Rodriguez-Fariña, F., Gonzales-Tizon, A. y Mendez, J. 2005. Origin and evolution of *Mytilus* mussel satellite DNAs. *Genome*, 48: 247–256.
- McDonald, J.H., Seed, R. y Koehn, R.K. 1991. Allozymes and morphometric characters of three species of *Mytilus* in the northern and southern hemispheres. *Marine Biology*, 111: 323–333.
- Mckusick, V. y Ruddle, F. 1987. A new discipline, a new name, a new Journal. *Genomics*, 1: 1–2.

- Milbury, C.A. y Gaffney, P.M. 2005. Complete mitochondrial DNA sequence of the eastern oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Biotechnol.*, 7(6): 697–712.
- Miyamoto, H., Hamaguchi, M. y Okoshi, K. 2002. Analysis of genes expressed in the mantle of oyster *Crassostrea gigas*. *Fisheries Science*, 68: 651–658.
- Parker, P.G., Snow, A.A., Schug, M.D., Booton, G.C. y Fuerst, P.A. 1998. What molecules can tell us about populations: choosing and using a molecular marker. *Ecology*, 79(2): 361–382.
- Presa, P., Perez, M. y Diz, A.P. 2002. Polymorphic microsatellite markers for blue mussels (*Mytilus* spp.) *Conservation Genetics*, 3(4): 441–443.
- Reece, K.S., Morrison, C.L., Ribeiro, W.L., Gaffney, P. y Allen, S. 2002. Microsatellite markers for the eastern oyster *Crassostrea virginica*: linkage mapping and genetic monitoring of restoration projects. PAG X Abstracts (<http://www.intl-pag.org>).
- Riginos, C., Kumar, S. y Cunningham, C.W. 2002. Evidence for selection at multiple allozyme loci across a mussel hybrid zone. *Mol. Biol. Evol.*, 19(3): 347–351.
- Saavedra, C. y Bachere, E. 2006. Review bivalve genomics. *Aquaculture*, 256: 1–14.
- Saavedra, C. y Peña, J.B. 2006. Phylogenetics of American scallops (Bivalvia: Pectinidae) based on partial 16S and 12S ribosomal RNA gene sequences. *Mar. Biol.*, 150: 111–119.
- Toro, J.E. 1998. Molecular identification of four species of mussels from southern Chile by PCR-based nuclear markers: The potential use in studies involving planktonic surveys. *Journal of Shellfish Research*, 17: 1203–1205.
- Toro, J.E., Ojeda, J., Vergara, A.M., Castro, G. y Alcapan, M.A. 2006. Molecular characterization of the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupe 1854) demonstrates evidence for the occurrence of *Mytilus galloprovincialis* in southern Chile. *Journal of Shellfish Research*, 24 (4).
- Venier, P., Pallavicini, A., De Nardi, B. y Lanfranchi, G. 2003. Towards a catalogue of genes transcribed in multiple tissues of *Mytilus galloprovincialis*. *Gene*, 314: 29–40.
- Vignal, A., Milan, D., San Cristobal, y Eggen, A. 2002. A review on SNP and other types of molecular markers and their use in animal genetics. *Genet. Sel Evol.*, 34: 275–305.
- Wilson, K., Thorndyke, M., Nilsen, F., Rogers, A. y Martinez, P. 2005. Marine systems: moving into the genomics era. *Marine Ecology*, 26: 3–16.
- Zhang, D. y Hewitt, G.M. 2003. Nuclear DNA analyses in genetic studies of populations: practice, problems and prospects. *Molecular ecology*, 12: 563–584.
- Zhang, Q., Allen, S.K. y Reece, K.S. 2005. Genetic variation in wild and hatchery stocks of Suminoe Oyster (*Crassostrea ariakensis*) assessed by PCR-RFLP and microsatellite markers. *Marine biotechnology*, 7(6): 588–99.



# Programas de selección genética en bivalvos marinos con énfasis en el caso de Chile

Jorge E. Toro

*Instituto de Biología Marina, Universidad Austral de Chile  
Valdivia, Chile  
E-mail: jtoro@uach.cl*

**Toro, J.E.** 2008. Programas de selección genética en bivalvos marinos con énfasis en el caso de Chile. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 289–296.

## RESUMEN

El rápido desarrollo de la acuicultura en Latinoamérica y especialmente en Chile, confirmado por las estadísticas de desembarque, ha sido posible hasta el momento solo a través de la incorporación de nuevas áreas utilizadas para el cultivo (hectáreas), y no debido a una mayor producción por unidad de área. Sin embargo, presiones de tipo social, ecológico y económico producirán en breve tiempo un incremento en la eficiencia de estos sistemas de producción acuícola. Hay varias formas de alcanzar esta meta: mejorar el manejo, nutrición y control de enfermedades, y las mejoras a través de la genética. En este sentido, el aporte de la componente genética para el mejoramiento de especies de importancia económica, para así optimizar la productividad de los cultivos acuícolas es sin duda incuestionable. Existen muy pocos trabajos sobre genética aplicada a la acuicultura en Latinoamérica, sin embargo, éstos demuestran, sobre la base de valores de heredabilidad y de respuesta a la selección basados en los rasgos genéticos de importancia económica, que existe un gran potencial para implementar programas de mejoramiento genético en moluscos bivalvos.

## ABSTRACT

The accelerated development of aquaculture in Latin America and, according to the fisheries statistics, particularly in Chile has been possible due to the expansion of the farming area rather than an increased output per unit farming area. However, social, ecological and economical pressures will, in time, permit greater efficiency of such aquaculture production systems. There are various means to achieve this goal: improved husbandry, nutrition and disease control, and genetic improvements of the farmed species. The potential for improving performance by genetic means is unquestionably substantial. In Latin America limited genetic research activities applied to aquaculture have been carried out, however, those conducted indicate that genetic enhancement programmes in bivalve molluscs would be justified based on the heritability of economically important genetic traits in selection programmes.

## INTRODUCCIÓN

### Potencial para la selección genética en bivalvos

El desarrollo de los cultivos acuícolas ha tenido un incremento explosivo durante los últimos años. Hasta el momento, el aumento progresivo en la cantidad del desembarque producido por la actividad de cultivo, se ha debido única y exclusivamente a un incremento de la superficie (hectáreas) ocupada por cultivos y no a una mayor producción por unidad de área (productividad) (New, 2002; Sánchez, 2002). En el caso específico del mejillón chileno, *Mytilus chilensis*, su cultivo comenzó el año 1943 en la Isla de Chiloé (X Región) (Osorio *et al.*, 1979) y la producción a través de su cultivo artificial (que debido al buen precio externo ha incrementado las exportaciones en fresco y congelado), incrementó de 3 864 toneladas en el año 1993, a más de 80 000 toneladas en el año 2005 (SERNAPESCA, 2006). El incremento de la productividad, al igual que en ganadería y agricultura, solo será posible explotando todo el potencial biológico de las especies utilizadas en acuicultura. Ya es bien conocido los enormes incrementos en rasgos productivos obtenidos a través de selección genética en ganado lechero y de carne, el aumento en producción de lana y carne en ovinos (Ollivier, 1987; Van Vleck, 1987) y el mejoramiento de la tasa de crecimiento en porcinos (Smith, 1987). Uno de los objetivos de la investigación a largo plazo en el área de los cultivos marinos es el de reemplazar los organismos “silvestres” actualmente en cultivo por organismos mejorados genéticamente, que estén mejor adaptados al ambiente de cultivo y a las preferencias del consumidor. El rol que las especies mejoradas genéticamente podrían tener en el incremento de la productividad de los cultivos acuáticos es tremadamente consistente y ha sido reportado en numerosas publicaciones científicas (Wilkins, 1975; Moav, 1976; Newkirk, 1980, 1981, 1983; Gjedrem, 1983; Guiñez *et al.*, 1987; Sandifer, 1988; Guiñez, 1988; Toro y Newkirk, 1990; Beaumont y Fairbrother, 1991; Shen *et al.*, 1993; Perez, 1996; Koment *et al.*, 2002; Gjedrem, 2000; Beaumont y Hoare 2003; Toro *et al.*, 2004).

En países del hemisferio norte, ya se ha comenzado la aplicación de programas de mejoramiento genético en bivalvos (Manzi *et al.*, 1991; Newkirk, 1983; Allen y Downing, 1991), en base ha numerosos estudios previos, en especies de importancia para la acuicultura. Dado a que en Latinoamérica los cultivos acuáticos se han desarrollado y en cierta forma establecido con un enorme potencial y ventajas comparativas frente a países mas desarrollados, es que, por ningún motivo, debemos quedarnos atrás, en lo que se refiere a la investigación para implementar programas de mejoramiento genético.

### Fundamentación teórica

#### *Genética cuantitativa*

De acuerdo a Koment *et al.* (2002) y Beaumont y Hoare (2003) al planificar un programa de mejoramiento genético a través de selección, es necesario considerar previamente la estimación de varios parámetros genéticos básicos tales como heredabilidad, correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales entre los caracteres y los valores económicos relativos de cada uno de ellos, si es que se considera el mejoramiento de más de un rasgo al mismo tiempo. En *Mytilus chilensis*, estos parámetros ya han sido cuantificados (Toro y Paredes, 1996a, b; Toro *et al.*, 2003; Toro *et al.*, 2004a, b; Alcapán *et al.*, 2007) y dado a que la heredabilidad para la tasa de crecimiento es relativamente baja (Toro *et al.*, 2003; Alcapán *et al.*, 2007) pero significativa, se debería optar por selección familiar utilizando el modelo animal en un programa de mejoramiento genético para ese carácter.

En la mayoría de los caracteres la componente ambiental de la varianza fenotípica es mayor en los estadios tempranos del ciclo de vida que en los estadios posteriores,

por ejemplo el efecto materno (Gjedrem, 1983). Wlodeck (1968), Kirpichnikov (1981) y Gjedrem (1983) reportan que el coeficiente de variación para el peso vivo y longitud corporal disminuye con la edad en peces, lo mismo ha sido reportado por Toro y Newkirk (1990) para *Ostrea edulis*. El aumento de la heredabilidad de determinados rasgos con la edad, ha sido reportado por Kirpichnikov (1981) en *Cyprinus carpio*, en *Salmo salar* por Refstie y Steine (1978) y Gjedrem (1983), en *Salmo gairdneri* por McKay *et al.* (1986) y en *O. edulis* por Toro y Newkirk (1990).

### **Respuesta a la selección**

En la mayoría de los estudios sobre selección genética reportados en la literatura para distintas especies utilizadas en acuicultura, se ha obtenido una respuesta positiva a la selección (Koment *et al.*, 2002; Beaumont y Hoare 2003; Toro *et al.*, 1995; Perez y Alfonso, 1999; Toro *et al.*, 2003; Toro *et al.*, 2004a, b). En el caso de los bivalvos, Newkirk y Haley (1982) obtuvieron una respuesta significativa a la selección en *O. edulis*; obteniendo un peso promedio de un 23 por ciento superior a los controles en la primera generación de selección. En la segunda generación de selección (Newkirk y Haley, 1983) también registró una respuesta positiva, sin embargo inferior a lo esperado, lo cual según los autores se debería a problemas de endogamia en los reproductores utilizados. Otros autores como Stromgren y Nielsen (1989) reportan a través de selección, en *M. edulis*, un incremento promedio de un 24–35 por ciento por generación, mientras que Ruzzante (1986) y Toro y Newkirk (1990) también reportan respuestas positivas a la selección en *O. edulis*. Perez y Alfonsi (1999) dan a conocer respuestas positivas a la selección para tasa de crecimiento en el ostión *Euvola ziczac* (L), con valores de heredabilidad para peso vivo y longitud de la valva que van entre 0.4 y 0.5. Más recientemente, Toro *et al.* (2003) y Alcapán *et al.* (2007), reportan respuestas a la selección para crecimiento significativas en *O. chilensis* y *M. chilensis*, respectivamente.

Uno de los mayores problemas en un programa de selección genética, es la identificación de los individuos genéticamente superiores a una temprana edad. Por ello el conocimiento de correlaciones fenotípicas y genotípicas entre el y/o los caracteres a temprana edad y tamaño comercial son de gran ayuda en la identificación temprana de individuos genéticamente superiores; reduciendo el intervalo generacional y obteniendo de esta forma mayores ganancias por año. Sin embargo, reportes en la literatura, indican que, en bivalvos, existe una baja correlación entre el crecimiento a temprana edad y tamaño comercial (Wilkins, 1981; Newkirk y Haley, 1982b; Losee, 1978), lo cual estaría indicando que los genes que controlan el crecimiento a temprana edad, no serían los mismos que controlan el crecimiento alrededor de la talla comercial, por ello la importancia de realizar determinaciones de parámetros genéticos, variables fisiológicas, bioquímicas y parámetros reproductivos en distintas etapas del ciclo de vida de la especie en estudio (Toro y Newkirk, 1990).

### **Interacción genotipo ambiente**

También, dentro de un programa de selección, es importante considerar la interacción genético-ambiental (GxA) (Falconer, 1981). Es probable que juveniles obtenidos y mantenidos en condiciones de hatchery por varias generaciones, tengan un pobre desempeño en el ambiente natural, al compararlos con los individuos «silvestres» endémicos. Lo anterior se debería a que los primeros han sido seleccionados para desempeñarse en un ambiente distinto. Por ello es que se recomienda que el desempeño de los individuos en un programa de mejoramiento genético se evalúe en los ambientes donde se realiza el cultivo, para con ello evitar el rompimiento de matrices de genes co-adaptados y asegurar la aplicabilidad de los parámetros genéticos a obtener (Falconer, 1952; Wilkins, 1981; Newkirk, 1983; Toro, 1994; Koment *et al.*, 2002; Beaumont y Hoare, 2003). La magnitud de la variación en la respuesta, de determinados genotipos,

cultivados en diferentes condiciones ambientales (GxA) puede ser utilizada para caracterizar una cepa como de «propósito general», que se desempeña relativamente bien al ser expuesta a variadas condiciones ambientales ó de «propósito específico», la cual se desempeña muy bien en un ambiente con condiciones ambientales muy definidas. El estudio de estas interacciones, bajo condiciones controladas de laboratorio han sido reportadas para bivalvos por Innes y Haley, 1977 (*M. edulis*); Newkirk *et al.*, 1977 (*Crassostrea virginica*); Newkirk, 1978 (*C. virginica*). Estos estudios confirman la existencia de este fenómeno en bivalvos. Estudios en terreno de esta GxA, son muy escasos en la literatura. Mallet y Haley (1983) trabajaron con diferentes poblaciones de *C. virginica*, las cuales se mantuvieron en diferentes ambientes; reportando la presencia de una significativa GxA. Estudios, tanto en laboratorio como en terreno (Toro, 1994; Toro *et al.*, 1995; Toro y Paredes, 1996a) indican también la presencia de este fenómeno en los bivalvos *O. chilensis* y *M. chilensis*.

### **Hibridación inter-poblacional**

Los bivalvos en general tienen un crecimiento lento (2 a 5 años para talla comercial) y además presentan una alta variabilidad para la tasa de crecimiento (Winter *et al.*, 1984; Toro y Newkirk, 1990; Alcapán *et al.*, 2007). Esto último significa que no todos los individuos alcanzan la talla comercial al mismo tiempo, haciendo por ello más difícil la labor al momento de su cosecha y comercialización. El desarrollo de «cepas» producidas a nivel comercial que tengan una mayor tasa de crecimiento y/o una menor variabilidad en el crecimiento, incrementarían el atractivo económico para llevar a cabo su cultivo. Existe en la literatura, evidencia sobre la correlación positiva entre tasa de crecimiento y la heterocigosidad multi-locus (HML), (Hansson y Westerberg, 2002) en poblaciones naturales de bivalvos marinos (Zouros *et al.*, 1980; Garton *et al.*, 1984; Koehn y Gaffney, 1984; Toro *et al.*, 1996a; Toro y Vergara, 1999). Sin embargo, esta misma relación no ha sido reportada para poblaciones producidas en hatchery (Adamkewicz *et al.*, 1984; Gaffney y Scott, 1984; Foltz y Chatry, 1986; Vergara *et al.*, 1993). La hibridación es una técnica utilizada para el mejoramiento genético y su éxito es por lo general atribuido al incremento de la heterocigosidad (Frankel, 1983; Mitton y Grant, 1984; Perez y Kent, 1998; Koment *et al.* 2002; Beaumont y Hoare, 2003). Reportes de hibridación intra-específica, utilizando poblaciones aisladas geográficamente en *C. virginica* (Mallet, 1982; Mallet y Haley, 1983) y en *O. chilensis* (Toro y Aguilera, 1995), indican que se logra obtener un incremento en la tasa de crecimiento y una mayor sobrevivencia en la progenie producto de hibridación. La hibridación interespecífica entre *Mercenaria mercenaria* y *Mercenaria campechiensis* produjo descendientes con una mayor tasa de crecimiento y una mejor tolerancia a un amplio rango de variables ambientales (Menzel, 1962). Sin embargo, en la práctica, se ha visto que es muy difícil obtener progenie viable en hibridaciones entre diferentes especies (Manzi *et al.*, 1991). Los efectos de heterosis producto de la hibridación, pueden, teóricamente, ser también obtenidos a través de cruzamientos entre poblaciones aisladas geográficamente ó por cruzamientos de líneas endogámicas (Wilkins, 1981; Frankel, 1983; Perez y Kent, 1998). Sin embargo, hasta el momento no existen en la literatura científica estudios que reporten las bases fisiológicas y bioquímicas que permitan explicar la causa de la presencia de heterosis en moluscos bivalvos.

### **Variabilidad genética y acuicultura**

Con el propósito de implementar programas de mejoramiento genético en bivalvos, es necesario primeramente investigar los efectos sobre la variabilidad genética de las poblaciones naturales, que tiene actualmente el manejo de «juveniles» (semillas) para la acuicultura. Ello, dado a que actualmente la mayoría de los cultivos de bivalvos en Chile dependen de la captación natural de juveniles. El traslado de éstos juveniles desde áreas de captación natural a los centros de cultivo es un «flujo génico» mediado

por el hombre que sin duda afecta a las poblaciones naturales locales. Más aún cuando estos juveniles se utilizan para repoblamiento. La cuantificación de estos efectos no son conocidos ya que prácticamente no existen estudios sobre genética poblacional en especies de bivalvos marinos utilizados en acuicultura en Latinoamérica. Por ende no existe una línea base con la cual comparar los datos de investigaciones que se llevan a cabo actualmente. En el caso de Chile, esto es más crítico aún, en especial con *M. chilensis*, ya que hasta hace algunos años la mayoría de los juveniles provenían de la captación natural de la bahía de Yaldad (Isla de Chiloé), distribuyéndose no solo hacia los centros localizados dentro de la Isla, sino que también fuera de la Isla. Actualmente la semilla de este bivalvo proviene principalmente del estuario Reloncaví, y desde ahí se distribuye a los distintos centros. Ello sin duda va a tener un fuerte impacto genético sobre las poblaciones naturales locales, con una potencial pérdida de identidad poblacional (estructura genético-poblacional).

## CONCLUSIONES

La implementación de programas de mejoramiento requieren necesariamente del control del ciclo de vida de la especie. Por ello, es necesario llevar primeramente a cabo estudios aplicados, para optimizar la tecnología (cuando ésta ya exista) ó desarrollarla (en caso de otras especies con potencial) para producir «semilla» (juveniles) en ambientes controlados. Esta producción artificial de semilla en laboratorio debe ir necesariamente aparejada con un programa de control genético muy estricto con el fin de evitar problemas de endogamia y pérdidas de identidad poblacional, especialmente debido a la alta fecundidad que poseen los moluscos bivalvos. A su vez, los programas de mejoramiento genético (selección, hibridación) se deben desarrollar asociados a la producción masiva de juveniles en laboratorio.

En base a los pocos estudios sobre genética en bivalvos en Chile (Cuadro 1) y a las escasas investigaciones sobre mejoramiento genético realizados en bivalvos en Latinoamérica, se puede concluir, sin embargo, que existe un enorme potencial para iniciar programas de selección genética con el fin de mejorar la productividad de los cultivos. Existe variabilidad genética aditiva, medida a través de los valores de heredabilidad de caracteres como peso vivo, longitud de la valva (tasa de crecimiento), en varias poblaciones de bivalvos estudiadas y que es posible de explotar a través de programas de mejoramiento genético a largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adamkewicz, L., Taub, S.R. y Wall, J.R.** 1984. Genetics of the clam *Mercenaria mercenaria*. II. Size and genotype. *Malacologia*, (25): 525–533.
- Alcapán, A.C., Néspolo, R.F. y Toro, J.E.** 2007. Heritability of body size in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupé 1854): effects of environment and aging. *Aquaculture Research*, (38): 313–320.
- Allen, S.K. y Downing, S.L.** 1991. Consumers and “experts” alike prefer the taste of sterile triploid over gravid diploid pacific oysters (*Crassostrea gigas*, Thunberg 1793). *Journal of Shellfish Res.*, (10): 19–22.
- Beaumont, A.R. y Fairbrother, J.E.** 1991. Ploidy manipulation in molluscan shellfish: a review. *Journal of Shellfish Research*, (10): 1–18.
- Beaumont, A.R. y Hoare, K.** 2003. Biotechnology in Fisheries and Aquaculture. Blackwell Science.
- Falconer, D.S.** 1952. The problem of environment and selection. *The American Naturalist*, (86): 293–298.

**CUADRO 1**  
**Publicaciones sobre aspectos de genética en bivalvos en Chile**

Especies	Nº publicaciones
<i>Aulacomya atra</i>	4
<i>Mytilus chilensis</i>	12
<i>Choromytilus chorus</i>	4
<i>Argopecten purpuratus</i>	20
<i>Ostrea chilensis</i>	19
<i>Venus antiqua</i>	1

Fuentes: Web of Science, ASFA, SCIELO (1980–2007).

- Falconer, D.S. 1981. Introduction to Quantitative Genetics. Second edition. Logman Group Limited, N.Y.
- Foltz, D.W. y Chatry, M. 1986. Genetic heterozygosity and growth rate in Louisiana oyster (*Crassostrea virginica*). *Aquaculture*, (57): 261–269.
- Frankel, R. 1983. Heterosis: Reappraisal of Theory and Practice. Springer Verlag, Berlin.
- Gaffney, P.M. y Scott, T.M. 1984. Genetic heterozygosity and production traits in natural and hatchery population of bivalves. *Aquaculture*, (42): 289–302.
- Garton, D.W., Koehn, R.K. y Scott, T.M. 1984. Multiple-locus heterozygosity and physiological energetics of growth in the coot clam, *Mulinia lateralis*, from a natural population. *Genetics*, (108): 445–455.
- Gjedrem, T. 1983. Genetics variation in quantitative traits and selective breeding in fish and shellfish. *Aquaculture*, (33): 51–72.
- Gjedrem, T. 2000. Genetic improvement of cold water fish species. *Aquaculture Research*, (31): 25–33.
- Guiñez, R. 1988. Mejoramiento genético en recursos marinos: situación actual y perspectivas. *Invest. Pesq.*, (35): 113–121.
- Guiñez, R., Monsalve, A. y Galleguillos, R. 1987. Correlaciones genético-morfológicas en la ostra chilena, *Tiostrea chilensis* (Philippi, 1845) Chanley and Dinamani, 1980. *Biología Pesquera*, (15): 17–25.
- Hansson, B. y Westerberg, L. 2002. On the correlation between heterozygosity and fitness in natural populations. *Molecular Ecology*, (11): 2467–2474.
- Innes D.J. y Haley, L.E. 1977. Genetics aspects of larval growth under reduced salinity in *Mytilus edulis*. *Biol. Bull.*, (153): 312–321.
- Kirpichnikov, V.S. 1981. Genetics bases of Fish Selection. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Koehn, R.K. y Gaffney, P.M. 1984. Genetic heterozygosity and growth rate in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, (82): 1–7.
- Koment, H., Haffray, P., Kaushik, S., New, M., Olsen, I. y Liinamo, A.E. 2002. Defining breeding goals for future sustainable aquaculture. *World aquaculture*, (33): 11–14.
- Losee, E. 1978. Influence of heredity on larval and spat growth in *Crassostrea virginica*. *Proceedings of World Mariculture Society*, (9): 101–107.
- Mallet, A.L. 1982. Quantitative genetics of the Atlantic Canadian oyster, *Crassostrea virginica* (Gmelin). Dalhousie University, Halifax, Canadá. (Tesis de Doctorado).
- Mallet, A.L. y Haley, L.E. 1983. Growth rate and survival in pure population matings and crosses of the oyster *Crassostrea virginica*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, (40): 948–954.
- Manzi, J.J., Hadley, N.H. y Dillon, R.T. 1991. Hard clam, *Mercenaria mercenaria*, broodstocks: growth of selected hatchery stocks and their reciprocal crosses. *Aquaculture*, (94): 17–26.
- Manzi, J.J., Hadley, N.H. y Dillon, R.T. 1991. Hard clam, *Mercenaria mercenaria*, broodstocks: growth of selected hatchery stocks and their reciprocal crosses. *Aquaculture*, (94): 17–26.
- McKay, L.R., Ihssen, P. y Friars, G.W. 1986. Genetics parameters of growth in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, as a function of age and maturity. *Aquaculture*, (58): 241–254.
- Menzel, W. 1962. Seasonal growth of the northern and southern quahogs and their hybrids in Florida. *Proc. National Shellfish Association*, (53): 111–118.
- Mitton, J.B. y Grant, M.C. 1984. Associations among protein heterozygosity, growth rate and developmental homeostasis. *Annu. Rev. Syst. Ecol.*, (15): 479–499.
- Moav, R. 1976. Genetic improvement in aquaculture industry. En: T.V.R. Pillay y A. Dill, ed. *Advances in aquaculture*, Kyoto, Japan. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England.
- New, M.B. 2002. Responsible aquaculture: Is this a special challenge for developing countries? *World Aquaculture*, (34): 26–72.
- Newkirk, G.F. 1978. Interaction of genotype and salinity in larvae of the oyster *Crassostrea virginica*. *Mar. Biol.*, (48): 227–234.

- Newkirk, G.F. 1980. Review of the genetics and the potential for selective breeding of commercially important bivalves. *Aquaculture*, (19): 209–228.
- Newkirk, F.G. 1981. On the unpredictability of bivalve growth rates: Is a slow growing juvenile oyster a runt for life? En: C. Claus, N. DePauw y E. Jespers, ed *Nursery Rearing of Bivalve Molluscs.*, pags 211–218. Bredene, Belgium.
- Newkirk, F.G. 1983. Applied breeding of commercially important molluscs: a summary of discussion. *Aquaculture*, (33): 415–422.
- Newkirk, G.F. y Haley, L.E. 1982a. Progress in selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*. *Marine Ecology Prog. Ser.*, (10): 77–79.
- Newkirk, G.F. y Haley, L.E. 1982b. Phenotypic analysis of the European oyster, *Ostrea edulis* L.: Relationship between length of larval period and post setting growth rate. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (59): 177–184.
- Newkirk, G.F. y Haley, L.E. 1983. Selection for growth rate in the European oyster, *Ostrea edulis*: response of second generation groups. *Aquaculture*, (33): 149–155.
- Newkirk, G.F., Waugh, D.L. y Haley, L.E. 1977. Genetics of larval tolerance to reduced salinities in two populations of oysters, *Crassostrea virginica*. *J. Fish. Res. Board Can.*, (34): 384–387.
- Ollivier, L. 1987. Current principles and future prospects in selection of farm animals. En: B.S. Weir, E.J. Eisen, M.M. Goodman, G. Namkoong, ed. *Proc. Second International Conference on Quantitative Genetics*. pags. 438–450. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- Osorio, C.J., Atria, J. y Mann, S. 1979. Moluscos marinos de importancia económica en Chile. *Biología Pesquera*, (11): 3–47.
- Perez, J.E. 1996. Mejoramiento genético en acuicultura. Editorial Universitaria, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Perez, J.E. y Kent, M. 1998. Hybridization and its effects on species richness in natural habitats. *Interciencia*, (23): 137–139.
- Perez, J.E. y Alfonsi, C. 1999. Selection and realizad heritability for growth in the scallop, *Euvola ziczac* (L.). *Aquaculture Research*, (30): 211–214.
- Refstie, T. y Steine, T.A. 1978. Selection experiments with salmon. III. Genetic and environmental sources of variation in length and weight of Atlantic salmon in the freshwater phase. *Aquaculture*, (14): 221–234.
- Ruzzante, D.E. 1986. Selection for growth rate in the European Oyster, “*Ostrea edulis*”: a multivariate approach. Dalhousie University, Canadá. (Tesis Doctoral).
- Sánchez, V. 2002. Crece la industria mitilícola. *Aquanoticias*, (75): 8–14.
- Sandifer, P.A. 1988. Aquaculture in the West, a perspective. *Journal of the World Aquaculture Society*, (19): 73–84.
- SERNAPESCA. 2006. *Anuario estadístico de pesca*, 2006. Servicio Nacional Pesca, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Santiago, Chile.
- Shen, Y.P., Zhang, X.Y., He, H.P. y Ma, L.J. 1993. Triploidy induction by hydrostatic pressure in the pearl oyster, *Pinctada martensii* Dunker. *Aquaculture*, (110): 221–227.
- Smith, C. 1987. Potential for animal breeding, current and future. En B.S. Weir, E.J. Eisen, M.M. Goodman, G., Namkoong, ed *Proc. Second International Conference on Quantitative Genetics*, pags 150–160. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.
- Stromgren, T. y Nielsen, M.V. 1989. Heritability of growth in Larvae and Juveniles of *Mytilus edulis*. *Aquaculture*, (80): 1–6.
- Toro, J.E. y Newkirk, G.F. 1990. Divergent selection for growth rate in the European oyster *Ostrea edulis*: response to selection and estimation of genetic parameters. *Marine Ecology Prog. Ser.*, (62): 219–227.
- Toro, J.E. 1994. Genotype-environment interaction on bivalve aquaculture with special reference to selection programs. En: K. Koop ed. *Ecology of Marine Aquaculture*, pags 96–104. International Foundation for Science, Stockholm.

- Toro, J.E. y Aguilá, P.R.** 1995. Cruzamientos factoriales con cinco poblaciones de ostra chilena (*Ostrea chilensis* Philippi 1845) aisladas geográficamente. *Archivos de Medicina Veterinaria*, (27): 69–80.
- Toro, J.E., Sanhueza, M.A., Winter, J.E., Aguilá, P. y Vergara, A.M.** 1995. Selection response and heritability estimates for growth in the Chilean oyster *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845). *J. Shellfish Res.*, (14): 87–92.
- Toro, J.E. y Paredes, L.** 1996a. Feeding trial with different families of Chilean blue mussel, *Mytilus chilensis* larvae: evidence for genotype-food interaction. *Journal of Applied Aquaculture*, (6): 81–87.
- Toro, J.E. y Paredes, L.** 1996b. Heritability estimates of larval shell length in the Chilean blue mussel *Mytilus chilensis*, under different food densities. *Aquatic Living Resources*, (9): 347–350.
- Toro, J.E., Vergara, A.M. y Galleguillos, R.** 1996a. Multiple-locus heterozygosity, physiology and growth at two different stages in the life cycle of the Chilean oyster *Ostrea chilensis*. *Mar. Ecol. P. S.*, (134): 151–158.
- Toro, J.E. y Vergara, A.M.** 1999. Growth and heterozygosity in a 12-month-old cohort of *Ostrea chilensis* (Philippi, 1845) obtained by mass spawning in the laboratory. *Marine Ecology PSZN.*, (19): 311–323.
- Toro, J.E., Alcapán, A.C., Vergara, A.M. y Ojeda, J.A.** 2003. Heretability estimates of larval and spat shell height in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupe 1854) produced under controlled laboratory conditions. *Aquaculture Research*, (35): 56–61.
- Toro, J.E., Alcapán, A.C., Ojeda, J.A. y Vergara, A.M.** 2004a. Respuesta a la selección genética para crecimiento en juveniles de *Ostrea chilensis* Philippi 1845 mantenidos en condiciones de laboratorio. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, (39): 53–59.
- Toro, J.E., Alcapán, A.C., Ojeda, J.A. y Vergara, A.M.** 2004b Selection response for growth rate (Shell height and live weight) in the Chilean blue mussel (*Mytilus chilensis* Hupe 1854). *Journal of Shellfish Research*, (23): 753–757.
- Van Vleck, L.D.** 1987. Observations on selection advances in dairy cattle. En B.S. Weir, E.J. Eisen, M.M. Goodman, G. Namkoong, ed. *Proc. Second International Conference on Quantitative Genetics*, pags 433–437. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, USA.
- Vergara, A.M., Toro, J.E. y Paschke, K.A.** 1993. Relationships among physiological variables, heterozigosity and growth efficiency in *Tiostrea chilensis*, Philippi 1845. *Revista Biología Marina*, (29): 283–297.
- Vlodeck, J.M.** 1968. Studies on the breeding of carp (*Cyprinus carpio* L.) at the experimental pond farms of the Polish Acad. of Science in south Silesia, Poland. *FAO Fish. Report.* (44): Rome 4: 93–116.
- Wilkins, N.P.** 1975. Genetic variability in marine bivalvia: implications and applications in molluscan mariculture. Proceedings of the 10th European Symposium on marine Biology, Ostend, Belgium, 1: 549–563.
- Wilkins, N.P.** 1981. The rationale and relevance of genetics in aquaculture: an overview. *Aquaculture*, (22): 209–228.
- Winter, J.E., Toro, J.E., Navarro, J.M., Valenzuela, G.S. y Chaparro, O.R.** 1984. Recent developments, status and prospects of moluscan aquaculture on the Pacific coast of South America. *Aquaculture*, (39): 95–134.
- Zouros, E., Singh, S.M. y Miles, H.E.** 1980. Growth rate in oysters: an overdominant phenotype and its possible explanations. *Evolution*, (34): 856–867.

# Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos

**Ana Farías**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*CIEN Austral*

*Puerto Montt, Chile*

*E-mail: afarias@uach.cl*

**Farías, A.** 2008. Nutrición y alimentación en moluscos bivalvos. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 297-308.

## RESUMEN

Se diferencia la producción de bivalvos en cultivos controlados, cultivos de engorda y poblaciones sometidas a extracción pesquera y se describe el tipo de estudios de nutrición y de alimentación que en ellos se ha realizado. Se indican los principales tipos de estudio nutricional que se ha realizado en mitílidos, ostreidos y venéridos. Se discuten las mayores problemáticas de los estudios nutricionales y los requerimientos para solucionarlas. Se identifican las necesidades de cooperación internacional para fortalecer estudios nutricionales en bivalvos y se concluye acerca de las principales proyecciones que tiene el desarrollo de la investigación en nutrición para la acuicultura de moluscos bivalvos.

## ABSTRACT

Bivalve may be produced under fully controlled conditions, through capture-based aquaculture and fishing from natural banks. This paper reviews the nutrition and feeding studies which have been conducted on mussels, oysters and clams. The main constraints on bivalve nutritional research are discussed in this paper and possible solutions proposed. The need for international cooperation to strengthen this type of study in bivalves is identified. The paper also highlights the main nutritional research programmes likely to develop in support of the bivalve aquaculture sector.

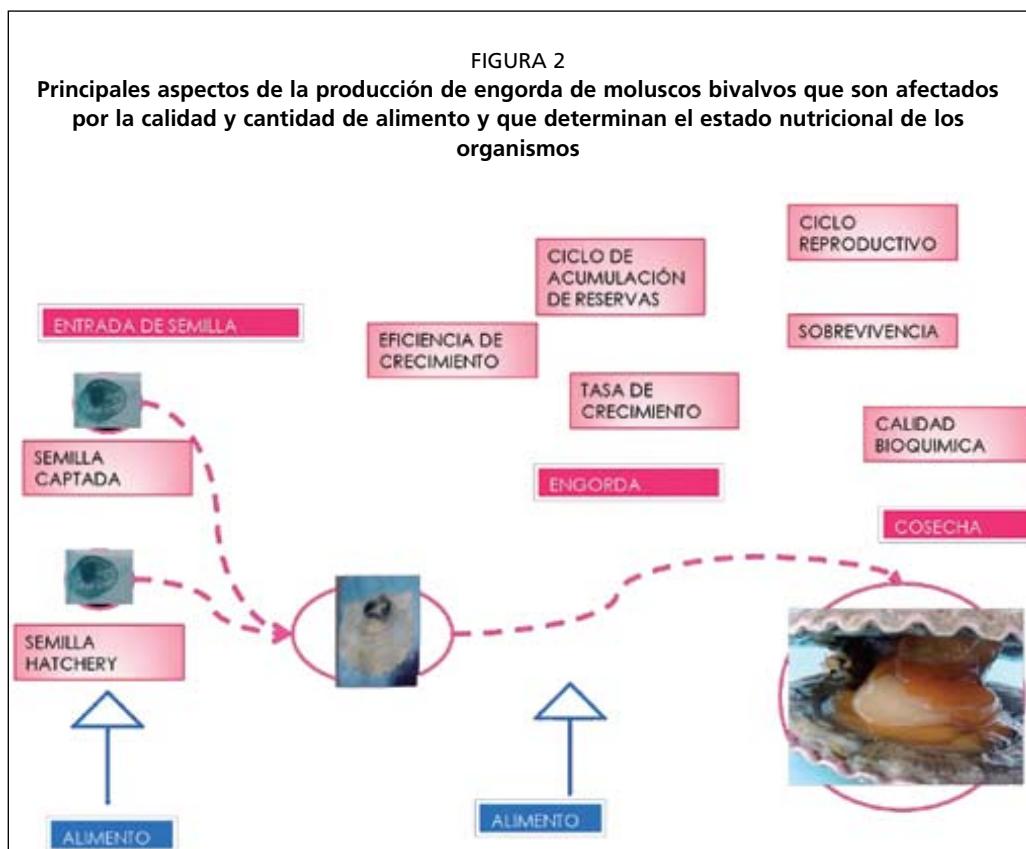
## INTRODUCCIÓN

Los estudios nutricionales en moluscos bivalvos son escasos debido, principalmente, al carácter de cultivo extensivo que tiene la engorda de estos organismos. Sin embargo, existe una gran abundancia de estudios ecofisiológicos, enfocados en la alimentación y parámetros nutricionales, en poblaciones naturales y de cultivo de mitílidos, ostreidos, venéridos y pectínidos. Por ello, para esta revisión los resultados disponibles en la extensa bibliografía se han agrupado en tres grandes categorías de producción:

**Cultivo controlado.** Este tipo de cultivo requiere de condiciones apropiadas de alimentación y nutrición que permitan la emisión de gametos abundantes y viables



por parte de los reproductores, la producción de una progenie larvaria de alta sobrevivencia con alta competencia en el proceso de metamorfosis, y la obtención final de juveniles con alta tasa de crecimiento y alta sobrevivencia (Figura 1). Todas estas fases se realizan bajo condiciones controladas de laboratorio y el alimento suele ser en base a una o mas especies de microalgas (Uriarte *et al.*, 2001). Existen en la actualidad centros experimentales e industriales que se dedican al cultivo controlado, suele denominárseles hatchery o centro semillero, ya que por lo general producen juveniles para dar inicio a las actividades de engorda, estos juveniles comercialmente se denominan «semillas» y suelen tener tallas entre 1 y 20 mm, dependiendo de la especie que se cultive y del tipo de cultivo de que se trate. Las etapas más consumidoras de alimento en el cultivo controlado son las de acondicionamiento reproductivo y de cultivo de juveniles. Las etapas que requieren mayor cuidado y presentan la mayor mortalidad son las de cultivo larvario y de fijación y metamorfosis. La etapa larvaria es altamente sensible a la contaminación bacteriana, por lo que el alimento microalgal debe estar bien controlado en este aspecto, y requiere de alta calidad en términos de contenido y calidad de proteínas, lípidos, y carbohidratos. Aunque durante la fase embrionaria y la fase larvaria los bivalvos pueden utilizar materia orgánica disuelta en el agua, tanto aminoácidos, como azúcares (Langdon, 1982; Manahan y Crisp, 1982; Farías *et al.*, 1998), son las microalgas la principal partícula utilizada en su alimentación, por lo que existen numeroso estudios acerca de la calidad de diferentes especies de microalgas (Chu y Webb, 1984; Brown, 1991; Brown y Miller, 1992; Brown y Farmer, 1994). También, se han estudiado posibles sustitutos de las microalgas con los objetivos de reducir costos de producción, disminuir la dificultad tecnológica y variabilidad nutricional del cultivo microalgal, e, incluso, mejorar la calidad nutricional de las microalgas vivas, entre estos sustitutos se encuentran las levaduras (Coutteau *et al.*, 1994; Chien y Hsu, 2006), las microalgas secas (Doroudi *et al.*, 2002; Espinosa y



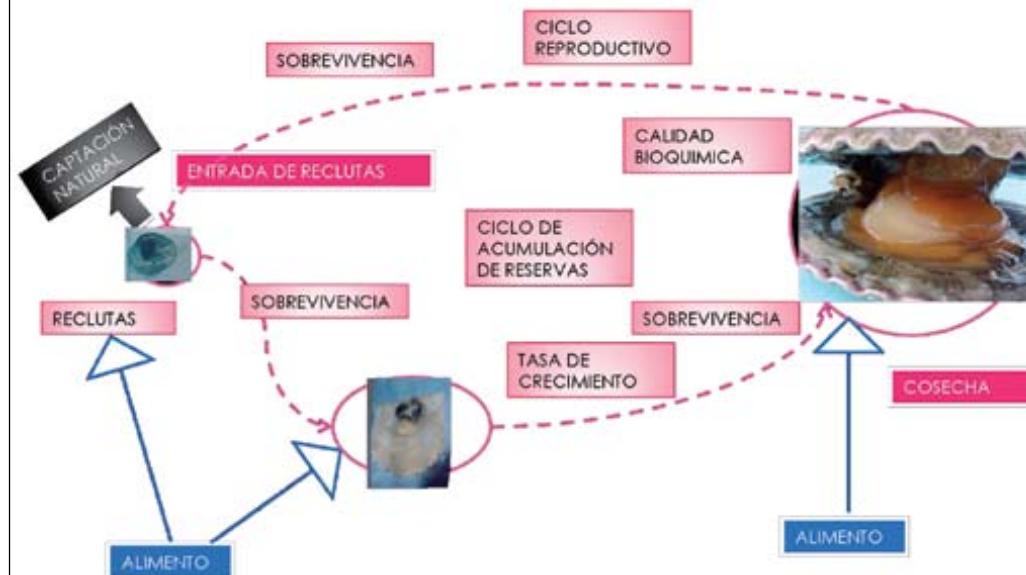
Allam, 2006), las pastas de microalgas (Heasman *et al.*, 2000; Bonaldo *et al.*, 2005), los microencapsulados (Langdon y Waldock, 1981; Langdon *et al.*, 1985) y las emulsiones de lípidos (Coutteau y Sorgeloos, 1992; Coutteau *et al.*, 1996; Navarro *et al.*, 2000; Uriarte *et al.*, 2003; Uriarte *et al.*, 2004).

**Cultivo de engorda.** Este tipo de cultivo se puede iniciar a partir de semillas capturadas en colectores y provenientes de poblaciones naturales o, alternativamente, a partir de juveniles producidos bajo condiciones controladas de cultivo; en cualquiera de ambos casos el cultivo se prolonga en el mar hasta alcanzar el tamaño comercial (Figura 2). Este tipo de cultivo se realiza en sistemas extensivos por lo que los estudios nutricionales o de alimentación no son relevantes, y la capacidad de carga de los ecosistemas en que se realiza la engorda pasa a tener una alta relevancia ya que de ello depende la tasa de crecimiento, sobrevivencia, acumulación de reservas energéticas y composición bioquímica de los tejidos (Smaal *et al.*, 1997; Dame y Prins, 1997; Melià y Gatto, 2005). Esta capacidad de carga se define tanto en los términos de una disponibilidad de partículas alimenticias apropiada en el sestón, como de variables físico-químicas que permitan cultivar la biomasa de juveniles y adultos que hagan sustentable el cultivo. Para este tipo de cultivo se han desarrollado modelos predictivos de crecimiento, que se basan principalmente en determinar características nutricionales simples del sestón, como son el contenido orgánico, y el contenido de proteínas y/o de carbono de las partículas, y requieren conocer previamente, desde estudios empíricos, las relaciones matemáticas entre la calidad del alimento y las variables nutricionales como tasa de consumo, eficiencia de alimentación y eficiencia de absorción del bivalvo (Bayne, 2002; Suplicy, 2004).

**Poblaciones naturales sujetas a extracción.** En el caso de las poblaciones naturales que están sujetas a pesquerías, en general los estudios de nutrición y alimentación no han sido relevantes, habiéndose hecho mayor énfasis en los estudios de acumulación

**FIGURA 3**

**Ciclo productivo de una población sometida a extracción, y eventualmente que aporta con semillas al cultivo de engorda, indicando los estados de desarrollo en que la calidad y cantidad de alimento afectan el estado nutricional y los parámetros productivos**



y uso de las reservas energéticas de bivalvos en relación a ciclos reproductivos y de desove, principalmente para determinar períodos de cosecha o de veda de las especies (Figura 3). Para algunas poblaciones de mitílidos y ostreidos también, se han estudiado las relaciones entre ingestión-absorción del alimento y calidad-abundancia de las partículas orgánicas del sestón, incluyendo estudios enzimáticos y de interacción con variables ambientales físicas, principalmente temperatura. Esto ha permitido desarrollar modelos predictivos de la abundancia y crecimiento de bivalvos.

## ESTADO DEL CONOCIMIENTO EN NUTRICIÓN Y ALIMENTACIÓN POR TIPO DE BIVALVO

Las especies mas estudiadas en cuanto a su alimentación y nutrición han sido los mitílidos, los pectínidos, los ostreidos y los venéridos

**Mitílidos.** Los estudios principalmente se han enfocado en cultivos de engorda y poblaciones naturales. El efecto de la alimentación sobre el crecimiento, se ha enfocado sobre el efecto de la cantidad de alimento y del contenido de materia orgánica de las partículas, debido a que la resuspensión de sedimentos dependiente de las estaciones del año y del lugar geográfico en que se encuentre la población, hace variar significativamente este parámetro de la calidad. Sin embargo, otros parámetros de calidad como el contenido proteico, la calidad de los ácidos grasos, el contenido de carbohidratos, el aporte de vitaminas han sido muy poco estudiados en este tipo de bivalvos.

**Pectínidos.** En estas especies los estudios se han enfocado tanto en cultivos de engorda y poblaciones naturales, como en cultivos controlados. Los pectínidos alcanzan mayor valor económico que los mitílidos y se caracterizan por presentar fuertes vedas para la extracción de sus poblaciones naturales. Ello ha favorecido el desarrollo de los estudios de nutrición y alimentación en el cultivo controlado para aumentar la eficiencia de la producción de semilla. Los estudios de pectínidos han demostrado un alto efecto del contenido proteico de las microalgas sobre la producción en condiciones controladas. El aumento del contenido de proteínas de las microalgas aumenta la cantidad de huevos

liberados luego del acondicionamiento reproductivo, mejora el crecimiento de las larvas, y, después de la metamorfosis, mejora el crecimiento de postlarvas hasta que estas alcanzan 5 mm de altura de la concha (Uriarte y Fariñas, 1999; Fariñas, 2001). El mayor contenido de proteínas no tiene un efecto significativo en juveniles mayores de 5 mm. En pectinídos, se ha estudiado la sustitución parcial de la dieta microalgal por partículas artificiales, en particular con emulsiones de lípidos enriquecidas en ácidos grasos esenciales como el ácido docosahexanoico (DHA = 22:6n-3) y el ácido eicosapentanoico (EPA = 20:5n-3), y también se ha estudiado los requerimientos de enriquecimiento de la dieta microalgal con determinados aminoácidos, ácidos grasos o azúcares.

**Ostreidos.** Las ostras han sido muy estudiadas en cultivo controlado, cultivo de engorda y poblaciones naturales sometidas a extracción. Existen especies, como *Crassostrea gigas*, que muestran una gran dispersión geográfica de su producción. La ostra del Pacífico, ha superado a la producción de ostras nativas por razones tales como: resistencia a las enfermedades que atacan a las ostras del género *Ostrea*, versatilidad fenotípica que le permite crecer en una amplia gama de temperaturas y salinidades de cultivo, altas tasas reproductivas, y mayores tasas de filtración en los períodos de alta abundancia de alimento. Esto contribuye a que esta especie de ostra sea la más estudiada nivel mundial. En los países latinoamericanos que se encuentra *C. gigas*, constituye una especie introducida, por lo que requiere de la producción controlada de semilla, o de larvas con ojo. Durante la corta fase de fijación remota de larvas con ojo, los productores utilizan microalgas. Para evitar el costo que ello significa, se ha intentado sustituirlas por pastas preservadas de microalgas, que tienen escaso valor nutricional, y por el uso de levadura. Por ello, en esta especie se han realizado la mayor parte de los estudios de sustitutos de microalgas.

**Venéridos y otros tipos de bivalvos de fondos blancos.** Los estudios en alimentación y nutrición en venéridos y otros bivalvos que viven enterrados en el sedimento son escasos, principalmente porque han sido el grupo de especies más nuevo en entrar al cultivo. Estos estudios abarcan tanto cultivo controlado, como cultivo de engorda y poblaciones naturales. Presentan escasa oferta de captación natural de semilla por lo que la producción de juveniles se debe realizar a través de cultivo controlado. Estas especies al vivir enterradas en el sedimento filtran una amplia gama de calidades de partículas del sestón, y se ha demostrado que la absorción en este tipo de especie mejora en presencia de partículas no-orgánicas, reduciéndose al mismo tiempo su tasa de filtración.

## MAYORES PROBLEMÁTICAS DEL ENFOQUE NUTRICIONAL Y DESAFÍOS A FUTURO

**Requerimientos nutricionales en cultivos controlados:** Los estudios realizados en cuánto a aminoácidos esenciales en microalgas muestran que en general todas las microalgas marinas presentan los diez aminoácidos considerados esenciales para organismos marinos en cantidad suficiente para suprir las demandas de los bivalvos. Por ello la mayor problemática es obtener una cantidad suficiente de proteína presente en las microalgas de cultivo. Los trabajos de Fariñas y Uriarte (2001), Uriarte y Fariñas (1999) y Uriarte *et al.* (2004) muestran que el contenido de proteína de las microalgas determina en *Argopecten purpuratus* aspectos de fecundidad, duración del periodo de acondicionamiento, y tasa de crecimiento de la progenie, mientras que en ostra del Pacífico, sólo se observa un efecto en sobrevida larvaria en la progenie de reproductores alimentados con variaciones de proteína microalgal (Uriarte *et al.*, 2004).

Respecto de los requerimientos en lípidos, la principal fuente energética son los triglicéridos y en particular los ácidos grasos de cadena corta y saturados son los que predominantemente se utilizan con fines energéticos, vía β oxidación. Por otro lado, los requerimientos de esteroles, principalmente colesterol, entregados por las microalgas

en general no son limitantes para el crecimiento larvario (Tremblay *et al.*, 2007) y además, los bivalvos muestran biosíntesis de esteroles, cuya composición puede ser fuertemente modificada por la dieta, y el lugar de origen de los bivalvos (Napolitano *et al.*, 1994; Pazos *et al.*, 2005). En términos de ácidos grasos esenciales, los bivalvos muestran requerimientos de DHA, EPA, ARA, y ácido docosapentanoico (DPA = 22:5n-6), los que influyen la tasa de crecimiento y sobrevivencia larvarias, así como el éxito de la metamorfosis (Farías *et al.*, 2003; Nevejan *et al.*, 2003; Pernet y Tremblay, 2004; Pernet *et al.*, 2005; Farías y Uriarte, 2006; Milke *et al.*, 2006). Sin embargo, la alta variabilidad bioquímica de las microalgas bajo diferentes condiciones de cultivo, así como la falta de estandarización en los experimentos nutricionales con larvas y postlarvas, contribuyen a cierta contradicción de resultados entre autores respecto de que ácidos grasos son esenciales. Por ello mismo, se propone como dieta idónea para la alimentación larvaria y postlarvaria el uso de mezclas de microalgas (Pernet *et al.*, 2005; Milke *et al.*, 2004, 2006). La principal función de los ácidos grasos esenciales en bivalvos, como parte de los fosfolípidos de membrana, se propone que sea la regulación de la fluidez de membranas celulares y subcelulares, y de la aclimatación a diferentes rangos de temperatura, como ocurre en el caso de peces (Bell *et al.*, 2004). Otra función sería la producción de eicosanoides a partir de los ácidos grasos poliinsaturados de 20 carbonos de la serie n-3 y n-6. Además, los HUFA n-3 parecen tener una función relevante en la respuesta inmune de bivalvos a nivel de la actividad fagocítica de los hemocitos (Delaporte *et al.*, 2003).

**Búsqueda de sustitutos de microalgas en la alimentación en cultivos controlados:** En bivalvos, principalmente en ostras, en venéridos y en menor medida en pectínidos, se ha observado que es posible sustituir las microalgas vivas por algas secas y pastas conservadas de microalgas. En pectínidos, la sustitución de 50 por ciento o más de la ración de microalgas por algas secas o levaduras producen pérdidas de crecimiento y mortalidad de hasta 100 por ciento en juveniles, mientras que la sustitución de microalgas por emulsiones de lípidos hasta en un 40 por ciento no altera el crecimiento ni la sobrevivencia de larvas, aunque si afecta el crecimiento de las postlarvas (Farías, 2001).

**Contribución a la predicción del crecimiento y sobrevivencia en cultivos controlados:** En el cultivo controlado el éxito en la producción de juveniles depende tanto del alimento que hayan recibido los reproductores como del alimento que se les suministra a las larvas, postlarvas y juveniles, lo cual depende también de las temperaturas de cultivo. Se ha demostrado que crecimiento en el primer mes después de la metamorfosis es afectado por las reservas acumuladas en las larvas en el periodo previo a la metamorfosis (Nicolas y Robert, 2001; Marín *et al.*, 2002; Nevejan *et al.*, 2003). Incluso, se ha encontrado que la dieta que los juveniles reciben en cultivo controlado hasta los 2 mm produce efectos posteriores en la engorda en mar, hasta el primer desdoble (Ulloa, 2002).

**Contribución a la predicción del crecimiento y sobrevivencia en cultivos de engorda o en poblaciones naturales:** Para su alimentación los bivalvos filtran en todas las etapas de su desarrollo, esta filtración se hace sobre el seston suspendido en la columna de agua, y presenta mecanismos que les permite a los bivalvos ingerir partículas seleccionadas. La selección pre-ingestiva se realiza en base a la calidad nutricional de las partículas determinada tanto, por el total de contenido orgánico de las partículas, como por el contenido de proteína de las partículas. La tasa de ingestión de bivalvos sobre el alimento, varía a lo largo del año dependiendo de la concentración y calidad de las partículas, existiendo una relación entre la tasa de filtración y la eficiencia de selección de partículas que determina la eficiencia ingestiva (Bayne, 2002). En respuesta a la

calidad y cantidad de partículas disponibles para filtrar los bivalvos pueden reducir su tasa de filtración al aumentar la concentración de partículas de alta calidad en el medio, así evitan que se sature el sistema de filtración, o bien a altas concentraciones de partículas de baja calidad pueden disminuir la tasa de filtración o aumentar la tasa de filtración concomitante con un aumento de la producción de pseudoheces, en este segundo caso el mecanismo de selección de partículas permite mejorar la calidad del alimento ingerido (Velasco y Navarro, 2003). La capacidad de selección pre-ingestiva de partículas en bivalvos está asociada a la detección de metabolitos (Espinosa *et al.*, 2007). Las especies epifaunales como los mitílidos tienden a regular su tasa de filtración para regular la ingestión frente a variaciones de la cantidad de partículas en el ambiente, ello porque hay mayor contenido orgánico en las partículas que filtran, mientras que las especies infaunales como los venéridos tienden a regular la ingestión a través de la producción de pseudoheces porque hay menor calidad en las partículas que filtran (Velasco y Navarro, 2002). Una vez que los bivalvos han ingerido las partículas, procede la absorción de estas partículas, lo que depende tanto de la disponibilidad enzimática de la especie, como de la calidad de las partículas (Bayne, 2002; Labarta *et al.*, 2002). Desde este punto de vista, en general la eficiencia de absorción es bastante constante a lo largo del año y lo que varía normalmente es la tasa de absorción (Bayne, 2002). Tanto la eficiencia de ingestión como la de absorción determinan el consumo energético total que el bivalvo tiene en un momento dado, ello en conjunto con el costo que tengan estos procesos determinarán la eficiencia de crecimiento del organismo. En especies de alta eficiencia como *C. gigas* el costo metabólico de estos procesos varían entre 9 y 38 por ciento de la energía consumida, mientras que en otra especie de ostra como *Saccostrea glomerata* este costo varía entre 18 y 83 por ciento. El costo de la alimentación depende tanto de los procesos pre- como post-ingestivos y su modelación permite predecir, cuantitativamente, el crecimiento de los bivalvos basándose en relaciones simples pero robustas entre las conductas de alimentación y la calidad y cantidad del alimento disponible. La conducta alimenticia de los bivalvos bajo diversas condiciones experimentales, permite generar modelos para predecir tasas de alimentación y crecimiento a partir la evaluación del alimento disponible, evitando evaluaciones fisiológicas complejas en terreno (Bayne, 2002). Por ello, deben estandarizarse las mediciones de disponibilidad del alimento para bivalvos, observándose que el volumen de las partículas es el parámetro que mejor se asocia a la variabilidad en las tasas de filtración (Hawkins *et al.*, 2001).

**Manejo de la calidad nutricional de los bivalvos como producto final:** La calidad nutricional de los moluscos bivalvos para la población humana radica en su composición bioquímica, tanto a nivel proximal, en términos de proteínas, lípidos y carbohidratos, como a nivel de moléculas esenciales, que el metabolismo humano no puede sintetizar o los sintetiza en cantidad insuficiente. A este último grupo corresponden aminoácidos, ácidos grasos altamente insaturados (HUFA), vitaminas y antioxidantes. La composición bioquímica, tanto proximal como en nutrientes esenciales, depende de las condiciones ambientales en que se encuentran creciendo los bivalvos, y por ello presenta variaciones estacionales (Urrutia *et al.*, 2003), geográficas y con la profundidad, así como con las diferentes etapas de desarrollo, y con variaciones en la dieta (Tabla 1).

Los bivalvos son una excelente fuente de proteínas, ya que a la cosecha su contenido proteico es de alrededor del 48 por ciento del peso seco, mientras los lípidos alcanzan 8.2 por ciento de los tejidos en promedio y los carbohidratos 15 por ciento. Esta composición varía entre diferentes órganos de acuerdo a ciclos estacionales de almacenamiento de reservas y de reproducción (Ahn *et al.*, 2000; Ojea *et al.*, 2004). Los lípidos que presentan los bivalvos son de alto valor nutricional para el ser humano, ya que los contenidos de colesterol son inferiores al 5 por ciento de los lípidos totales, mientras que los contenidos de fosfolípidos pueden llegar a ser del 27 por ciento en

**CUADRO 1**

Ejemplos de composición bioquímica total en diferentes especies de bivalvos. Prot: es contenido de proteínas totales; Lip: es contenido de lípidos totales; Carb: es carbohidratos totales; TAG, PL, CHL son los porcentaje de triglicéridos, fosfolípidos y colesterol del total de lípidos, respectivamente. PUFA, EPA, ARA y DPA son los porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, ácido docosahexanoico, ácido docosapentanoico y ácido araquídónico y ácido docosapentanoico del total de ácidos grasos, respectivamente.

adultos y hasta del 42 por ciento en larvas, similares a los triglicéridos que alcanzan al 32 por ciento de los lípidos totales en adultos y hasta 39 por ciento en larvas (Cuadro 1). La calidad de los fosfolípidos (lípidos de membranas) y de los triglicéridos (lípidos de reserva) depende del tipo de alimento que consumen los bivalvos, y por lo tanto, dependen en gran medida del lugar en que está establecido el cultivo. Se ha encontrado que los mitílidos que proceden de zonas costeras, cultivados entre 1.5 y 5 m de profundidad, expuestos durante las mareas bajas carecen de ácidos grasos altamente insaturados omega 3 (HUFA n-3), y pueden ser abundantes en ácidos grasos saturados de 14 a 18 carbonos procedentes del detritus. Por otro lado, aquellos mitílidos procedentes de cultivos submareales, a 20 m de profundidad en zonas con alta productividad, muestran elevados contenidos de HUFA n-3, principalmente EPA y DHA, durante el periodo de mayor productividad. Los mitílidos en invierno pueden presentar bajos valores de EPA y DHA y elevados valores de ácido araquidónico (ARA = 20:4n-6) debido a la falta de alimento y el periodo de gametogénesis en que se encuentran (Freites *et al.*, 2002), por lo que la estación de cosecha también tiene efecto en la calidad nutricional del producto final. Dado que, el EPA origina eicosanoides con propiedades antiinflamatorias, vasoconstrictoras y anticoagulantes, y el DHA mantiene en óptimo estado las membranas del sistema nervioso central (Valenzuela, 2005), entonces surge la necesidad de aumentar los alimentos de origen marino, del tipo de los bivalvos, en la dieta humana.

### **NECESIDADES DE COOPERACIÓN PARA EL ESTUDIO NUTRICIONAL DE MOLUSCOS BIVALVOS**

Se requiere fortalecer la estandarización de los métodos en estudios nutricionales de bivalvos, ello significa desarrollar protocolos estandarizados para estudios de nutrición tanto en larvas y postlarvas de bivalvos, como en reproductores.

Se debe potenciar la obtención de una elevada calidad nutricional del producto final que se cultiva, lo que requiere un mejor entendimiento de cómo los factores ambientales del cultivo extensivo, especialmente la calidad y cantidad de alimento disponibles, y los factores controlados del cultivo intensivo, afectan la calidad nutricional para el consumidor. Todo ello, teniendo en cuenta además la seguridad alimentaria para el consumidor.

Se requiere estudiar aquellos nichos de mercado, en que el consumidor requiere de productos finales con alto valor agregado en lo nutricional, propendiendo a la producción de moluscos bivalvos funcionales.

### **CONCLUSIONES**

- Los países que ya cuentan con desarrollo del cultivo controlado para especies exóticas y nativas, deben aumentar la eficiencia de las diferentes etapas de este tipo de cultivo. Dado que el costo de la alimentación puede ser de hasta 60 por ciento del costo de producción, este es uno de los aspectos que deben aumentar su eficiencia a través de tecnologías que permitan producir más y mejor alimento para bivalvos, buscando optima combinación de nutrientes energéticos y esenciales tanto en el alimento vivo como en el alimento inerte. Bajar los costos de alimentación supone mejorar la eficiencia de la producción controlada de semilla y para ello deben aumentar los estudios nutricionales en reproductores, larvas y postlarvas.
- En los cultivos de engorda y en las poblaciones sometidas a extracción se requiere de modelos que relacionen la oferta de alimento natural con la producción de gametos viables y el éxito del reclutamiento, para así disponer de una captación natural predecible. También se debe priorizar el desarrollo de modelos predictivos del crecimiento y la sobrevivencia de moluscos bivalvos en cultivo y en poblaciones naturales que se basen en relaciones consistentes entre la calidad de la oferta del alimento natural y la fisiología nutricional de estos organismos.

## BIBLIOGRAFIA

- Ahn, I.-Y., Woong Cho, K., Choi, K.-S., Seo, Y. y Shin, J. 2000. Lipid content and composition of the Antarctic lamellibranch, *Laternula elliptica* (King & Broderip) (Anomalodesmata: Laternulidae), in King George Island during an austral summer. *Polar Biol.*, (23): 24–33.
- Bayne, B.L. 2002. A physiological comparison between Pacific oysters *Crassostrea gigas* and Sydney Rock oysters *Saccostrea glomerata*: food, feeding and growth in a shared estuarine habitat. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, (232): 163–178.
- Bonaldo, A., Badiani, A., Testi, S., Corso, G., Mordini, A.L. y Gatta, P.P. 2005. Use of centrifuged and preserved microalgae for feeding juvenile Manila clam (*Tapes philippinarum*): effects on growth and fatty acid composition. *Ital. J. Anim. Sci.*, (4): 375–384.
- Brown, M.R. 1991. The amino-acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (145): 79–99.
- Brown, M.R. y Farmer, C.L. 1994. Riboflavin content of six species of microalgae used in mariculture. *J. Appl. Phycol.*, (6): 61–65.
- Brown, M.R. y Miller, K.A. 1992. The ascorbic acid content of eleven species of microalgae used in mariculture. *J. Appl. Phycol.*, (4): 205–215.
- Coutteau, P., Castell, J.D., Ackman, R.G. y Sorgeloos, P. 1996. The use of lipid emulsions as carriers for essential fatty acids in bivalves: a test case with juvenile *Placopecten magellanicus*. *J. Shellfish Res.*, (15): 259–264.
- Coutteau, P., Hadley, N.H., Manzi, J.J. y Sorgeloos, P. 1994. Effect of algal ration and substitution of algae by manipulated yeast diets on the growth of juvenile *Mercenaria mercenaria*. *Aquaculture*, (120): 135–150.
- Coutteau, P. y Sorgeloos, P. 1992. The use of algal substitutes and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalve mollusks: an international survey. *J. Shellfish Res.*, (11): 467–476.
- Chien, Y.-U. y Hsu, W.-H. 2006. Effects of diets, their concentrations and clam size on filtration rate of hard clams (*Meretrix lusoria*). *J. Shellfish Res.*, (25): 15–22.
- Chu, F.E. y Webb, K.L. 1984. Polyunsaturated fatty acids and neutral lipids in developing larvae of the oyster, *Crassostrea virginica*. *Lipids*, (19): 815–820.
- Dame, R.F. y Prins, T.C. 1997. Bivalve carrying capacity in coastal ecosystems. *Aquatic Ecology*, (31): 1386–2588.
- Delaporte, M., Soudant, P., Moal, J., Lambert, C., Quéré, C., Miner, P., Choquet, G., Paillard, C. y Samain, J.C. 2003. Effect of mono-specific algal diet on immune functions in two bivalve species- *Crassostrea gigas* and *Ruditapes philippinarum*. *J. Exp. Biol.*, (206): 3053–3064.
- Doroudi, M.S., Southgate, P.C. y Mayer, R.J. 2002. Evaluation of partial substitution of live algae with dried *Tetraselmis* for larval rearing of black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (L.). *Aquaculture International*, (10): 265–277.
- Espinosa, E.P. y Allam, B. 2006. Comparative growth and survival of juvenile hard clams, *Mercenaria mercenaria*, fed commercially available diets. *Zoo Biology*, (25): 513–525.
- Espinosa, E.P., Barillé, L. y Allam, B. 2007. Use of encapsulated live microalgae to investigate pre-ingestive selection in the oyster *Crassostrea gigas*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (343): 118–126.
- Farías, A. 2001. Capítulo 5. Nutrición en moluscos pectínidos. En: A.N. Maeda-Martínez (Ed.). Los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. Editorial Limusa, SA de CV México City, México, pp. 89–104.
- Farías, A., Bell, J.G., Uriarte, I. y Sargent, J.R. 2003. Polyunsaturated fatty acids in total lipid and phospholipids of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (L.) larvae: effects of diet and temperature. *Aquaculture*, (228): 289–305.
- Farías, A. y Uriarte, I. 2001. Effect of microalgae protein on the gonad development and physiological parameters for the scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819). *J. Shellfish Res.*, (20): 97–105.

- Farías, A. y Uriarte, I.** 2006. Nutrition in Pectinids. En: SE Shumway and GJ Parsons (Eds). *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture*. Elsevier B.V. pp. 521–542.
- Farías, A., Uriarte, I. y Castilla, J.C.** 1998. A biochemical study of the larval and postlarval stages of the Chilean scallop *Argopecten purpuratus*. *Aquaculture*, (166): 37–47.
- Freites, L., Labarta, U. y Fernández-Reiriz, M.J.** 2002. Evolution of fatty acid profiles of subtidal and rocky shore mussel seed (*Mytilus galloprovincialis*, Lmk.). Influence of environmental parameters. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (268): 185–204.
- Hawkins, A.J.S., Fang, J.G., Pascoe, P.L., Zhang, J.H., Zhang, X.L. y Zhu, M.Y.** 2001. Modelling short-term responsive adjustments in particle clearance rate among bivalve suspension-feeders: separate unimodal effects of seston volume and composition in the scallop *Chlamys farreri*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (262): 61–73.
- Heasman, M., Diemar, J., O'Connor, W., Sushames, T. y Foulkes, L.** 2000. Development of extended shelf-life microalgae concentrate diets harvested by centrifugation for bivalve mollusks- a summary. *Aquaculture Research*, (31): 637–659.
- Kawashima, H., Ohnishi, M., Negishi, Y., Amano, M. y Kinoshita, M.** 2007. Sterol composition in muscle and viscera of the marine bivalve *Megangulus zyonoensis* from Coastal waters of Hokkaido, Northern Japan. *J. Oleo Sci.*, (56): 231–235.
- Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J., Navarro, J.M. y Velasco, A.** 2002. Enzymatic digestive activity in epifaunal (*Mytilus chilensis*) and infaunal (*Mulinia edulis*) bivalves in response to changes in food regimes in a natural environment. *Mar. Biol.* (140): 669–676.
- Langdon, C.J.** 1982. Growth studies with bacteria-free oyster (*Crassotrea gigas*) larvae fed on semi-defined artificial diets. *Biol. Bull.*, (164): 227–235.
- Langdon, C.J., Levine, D.M. y Jones, D.A.** 1985. Microparticulate feeds for marine suspension-feeders. *J. Microencapsul.*, (2): 1–11.
- Langdon, C.J. y Waldock, M.J.** 1981. The effect of algal and artificial diets on the growth and fatty acid composition of *Crassostrea gigas* spat. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* (61): 431–448.
- Manahan, D.T. y Crisp, D.J.** 1982. The role of dissolved organic material in the nutrition of pelagic larvae: amino acid uptake by bivalve veligers. *Integrative and Comparative Biology*, (22): 635–646.
- Melià, P. y Gatto, M.** 2005. A stochastic bioeconomic model for the management of clam farming. *Ecological Modelling*, (184): 163–174.
- Milke, L.M., Bricelj, V.M. y Parrish, C.C.** 2004. Growth of postlarval sea scallops, *Placopecten magellanicus*, on microalgal diets, with emphasis on the nutritional role of lipids and fatty acids. *Aquaculture*, (234): 293–317.
- Milke, L.M., Bricelj, V.M. y Parrish, C.C.** 2006. Comparison of early life history stages of the bay scallop, *Argopecten irradians*: Effects of microalgal diets on growth and biochemical composition. *Aquaculture*, (260): 272–289.
- Napolitano, G.E., Ackman, R.G. y Silva, M.A.** 1994. Incorporation of dietary sterols by the sea scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin) fed on microalgae. *Mar. Biol.*, (117): 647–654.
- Navarro, J.M., Labarta, U., Fernández-Reiriz, M.J. y Velasco, A.** 2003. Feeding behavior and differential absorption of biochemical components by the infaunal bivalve *Mulinia edulis* and the epibenthic *Mytilus chilensis* in response to changes in food regimes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (287): 13–35.
- Navarro, J.M., Leiva, G.E., Martínez, G. y Aguilera, C.** 2000. Interactive effects of diet and temperature on the scope for growth of the scallop *Argopecten purpuratus* during reproductive conditioning. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (247): 67–83.
- Nevejan, N, Saez, I., Gajardo, G. y Sorgeloos, P.** 2003. Energy vs. Essential fatty acids: what do scallop larvae (*Argopecten purpuratus*) need most? *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* (134): 599–613.
- Ojea, J., Pazos, A.J., Martínez, D., Novoa, S., Sánchez, J.L. y Abad, M.** 2004. Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. *Aquaculture*, (238): 451–468.

- Pazos, A.J., Silva, A., Vásquez, V., Pérez, M.L., Sánchez, J.L. y Abad, M. 2005. Differences in sterol composition of clams (*Ruditapes decussatus*) from three rías in Galicia (NW Spain). *Mar. Biol.*, (147): 663–670.
- Pernet, F. y Tremblay, R. 2004. Effect of varying levels of dietary essential fatty acid during early ontogeny of the sea scallop *Placopecten magellanicus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (310): 73–86.
- Pernet, F., Bricelj, V.M. y Parrish, C.C. 2005. Effect of varying dietary levels of ω6 polyunsaturated fatty acids during the early ontogeny of the sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (327): 115–133.
- Smaal, A.C., Prins, T.C., Dankers, N. y Ball, B. 1997. Minimum requirements for modeling bivalve carrying capacity. *Aquatic Ecology*, (31): 1386–2588.
- Suplicy, F.M. 2004. Population and ecophysiological modeling of the cultured mussel *Perna perna*: towards the development of a carrying capacity model. PhD Thesis, University of Tasmania. 211 p.
- Tremblay, R., Cartir, S., Miner, P., Pernet, F., Quéré, C., Moal, J., Muzellec, M.L., Mazuret, M. y Samain, J.F. 2007. Effect of *Rhodomonas salina* addition to a standard hatchery diet during the early ontogeny of the scallop *Pecten maximus*. *Aquaculture*, (262): 410–418.
- Urrutia, G.X., Navarro, J.M., Clasing, E. y Stead, R.A. 2001. The effects of environmental factors on the biochemical composition of the bivalve *Tagelus dombeii* (Lamarck, 1818) (Tellinecea: Solecurtidae) from the intertidal flat of Coihuín, Puerto Montt, Chile. *J. Shellfish Res.*, (20): 1077–1087.
- Uriarte, I. y Farías, A. 1999. The effect of dietary protein on growth and biochemical composition of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (L.) postlarvae and spat. *Aquaculture*, (180): 119–127.
- Uriarte, I., Farías, A., Hernández, J., Schäfer, C. y Sorgeloos, P. 2004. Reproductive conditioning of Chilean scallop (*Argopecten purpuratus*) and the Pacific oyster (*Crassostrea gigas*): effects of enriched diets. *Aquaculture*, (230): 349–357.
- Uriarte, I., Farías, A., Navarro, J.M., Cancino, J.M., Gajardo, G. y Nevejan, N. 2003. The effects of lipid emulsions and temperature on the hatchery performance of Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) larvae. *Aquaculture Research*, (34): 899–902.
- Uriarte, I., Rupp, G. y Abarca, A. 2001. Capítulo 8: Producción de juveniles de Pectínidios iberoamericanos bajo condiciones controladas. En: “*Los moluscos pectínidos de Iberoamérica: ciencia y acuicultura*” A. Maeda (Ed.). Ed. Limusa, Págs: 147–171.
- Valenzuela, A. 2005. El salmón: un banquete de salud. *Rev. Chil. Nutr.*, (32): 8–17.
- Velasco, L.A. y Navarro, J.M. 2002. Feeding physiology of infaunal (*Mulinia edulis*) and epifaunal (*Mytilus chilensis*) bivalves under a wide range of concentrations and qualities of seston. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, (240): 143–155.
- Velasco, L.A. y Navarro, J.M. 2003. Energetic balance of infaunal (*Mulinia edulis* King, 1831) and epifaunal (*Mytilus chilensis* Hupé, 1854) bivalves in response to wide variations in concentration and quality of seston. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, (296): 79–92.

# Manejo de cultivos bivalvos contaminados con marea roja

**Miriam Seguel**

*Centro Regional de Análisis de Recursos y Medio Ambiente*

*Universidad Austral de Chile*

*Puerto Montt, Chile*

*E-mail: mseguel@uach.cl*

**Seguel, M.** 2008. Manejo de cultivos bivalvos contaminados con marea roja. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 309–316.

## RESUMEN

En el sur de Chile se han registrado tres tipos de toxinas: el veneno paralizante de los Mariscos (VPM), las toxinas lipofílicas (VDM) y el veneno amnésico de los mariscos (VAM). Las toxinas paralizantes y lipofílicas son las que han causado un mayor impacto en la Salud pública y en la económica de estas regiones. La toxina amnésica se presenta en ciertas áreas geográficas y generalmente con valores inferiores al límite permisible para el consumo humano. Los primeros eventos tóxicos de toxina paralizante ocurrieron a principios de la década de los 70 en la región de Magallanes, extendiéndose geográficamente hacia el norte en las décadas de los 90 y 2000. Es así como en el año 2002 se registra el primer evento tóxico de VPM en la Región de Los Lagos, área con el mayor desarrollo de la mitilicultura, llegando a valores de 29.544 µg de STX eq100 g<sup>-1</sup> en mariscos provenientes de Quellón (Isla de Chiloé, Chile), produciendo alrededor de 60 intoxicados y una persona fallecida. En el año 2006 se registra un segundo evento pero de menor magnitud, con valores de 600 µg de STX eq100 g<sup>-1</sup>. Actualmente, se realiza un programa de monitoreo coordinado en las tres regiones más australes de Chile, el cual es conducido por el Instituto de Fomento Pesquero en coordinación con los SEREMI (Secretaría Regional Ministerial) de Salud de cada una de las regiones. Este programa incluye 151 estaciones donde se realizan análisis de toxinas, fitoplancton y variables ambientales. Existe un segundo monitoreo asociado al Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos, en el cual se certifica los sitios de extracción. Este programa es de responsabilidad de los productores.

## ABSTRACT

Three types of toxins have been recorded in southern Chile: paralytic shellfish poisoning (PSP), lipophilic shellfish toxins or diarrheic shellfish poisoning (DSP), and amnesic shellfish poisoning (ASP). The paralytic and lipophilic toxins have caused serious consequences to public health and the local economy. The amnesic toxin is found in certain geographic areas and is generally below the permissible limit for human consumption. The first toxic events involving the paralytic toxin occurred at the beginning of the 1970s in the Magallanes Region, stretching northward in the 1990s and 2000s. In 2002, the

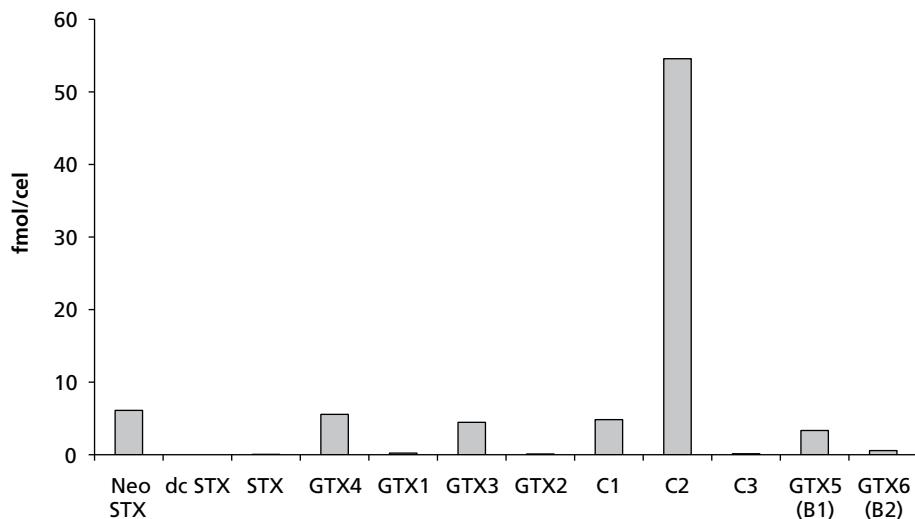
first toxic PSP event was recorded in the Los Lagos Region, the area with the greatest development of bivalve farming; shellfish coming from Quellón (Chiloé Island, Chile) were found to have up to 29.544 µg STX eq. 100 g<sup>-1</sup>. This inflicted approximately 60 individuals and caused one death. In 2006, a second, milder event was recorded, with values of 600 µg STX eq. 100 g<sup>-1</sup>. At present, a coordinated monitoring programme between the Instituto de Fomento Pesquero (Institute for Fishery Development) and the Regional Ministerial Health Office for each region is being run in the three southernmost regions of Chile. This programme analyzes toxins, phytoplankton and environmental variables at 151 stations. A second monitoring programme associated with the Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB; Bivalve Mollusc Health Programme) certifies the harvesting sites. This latter programme is under the sole responsibility of the local shellfish farmers.

## RESULTADOS

En Chile existen tres grupos de toxinas: el veneno paralizante de los mariscos, toxinas lipofílicas (VDM) y el veneno amnésico de los mariscos. De estas tres toxinas el veneno paralizante y las toxinas lipofílicas son las que han producido un mayor impacto en la salud pública y en la economía de las regiones.

Las toxinas que conforman el Veneno Paralizante de los Mariscos están constituidas por un núcleo tetrahidropurínico, todas ellas análogas a la saxitoxina (STX). Se han descrito más de 26 derivados de la STX (Oshima, 1995). Estas toxinas se pueden dividir en tres grupos dependiendo de la carga neta que presentan a pH neutro. El grupo de las saxitoxinas (STX) que tienen una carga neta 2 (STX, neo STX, dc STX, dcneoSTX), el grupo del las gonyaulatoxinas (GTXs), constituidos por las GTXs1-6, B1=GTX5 y B2=GTX6, y las decarbamoil-gonyaulatoxinas (dcGTXs) las cuales presentan una carga neta 1, y finalmente las sulfocarbamoil-saxitoxina (C1-C4), las cuales presentan una carga neta cero (Lagos, 2002). La especie productora de estas toxinas es el dinoflagelado *Alexandrium catenella* (Lagos, 1998; Sfeir *et al.*, 2005). La Figura 1 muestra el perfil toxicológico de la cepa ACCH-02 proveniente de la X Región, donde se observa una predominancia de la toxina C2 (68%), seguida por la GTX-4 (7%) (Sfeir *et al.*, 2005). El primer registro del veneno paralizante se produjo en el año 1972 en la región de Magallanes. Posteriormente se presentaron nuevos episodios tóxicos en 1981, 1989 y

**FIGURA 1**  
**Perfil toxicológico de *Alexandrium catenella*, clone ACCH-02 proveniente de la X Región, en condiciones de cultivo (79,97 fmol/cel)**

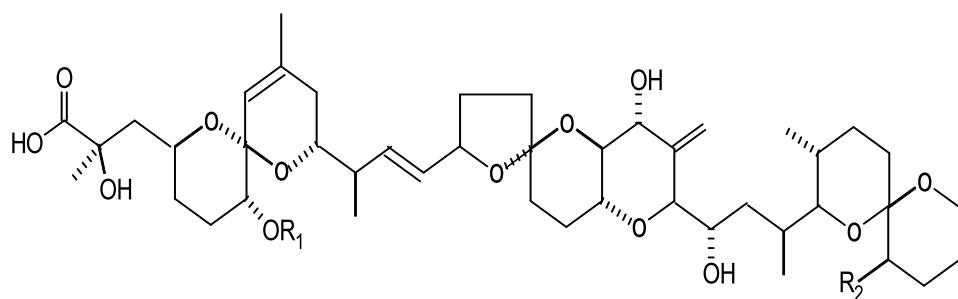


Fuente: Sfeir *et al.*, 2005.

desde 1991 hasta la fecha (Guzmán *et al.*, 2002). En el año 1992, se observa por primera vez el dinoflagelado *Alexandrium catenella* en las aguas de la XI región. Desde el año 1996, se han producidos eventos tóxicos con una periodicidad de dos años, donde las mayores toxicidades se han registrado en 1996, 1998, 2000 y 2002. La floración del año 2002, se origina en la zona norte de la XI región y se expande hasta el paralelo 42° 10' S (Tabla 1) (Molinet *et al.*, 2003), alcanzando el área de mayor desarrollo de los cultivos de los mitílidos en la isla de Chiloé. Producto de este último evento, se registraron 67 intoxicados y un muerto (SEREMI X región). Los valores máximos de toxicidad en *Mytilus chilensis* alcanzaron los 29 544 µg de STX eq100 g<sup>-1</sup> en Quellón (isla de Chiloé). En el año 2006, se registra un nuevo evento que afecta el sur de la isla de Chiloé, pero de menor magnitud, con valores que no superan los 600 µg de STX eq100 g<sup>-1</sup>. Se destaca que los valores máximos de toxicidad a nivel mundial se han observado lo largo de las costa de América del sur, con valores de 127 x 10<sup>3</sup> µg de STX eq100 g<sup>-1</sup> en choritos provenientes del canal Beagle (Benavides *et al.*, 1995) y de 107 x 10<sup>3</sup> µg de STX eq100 g<sup>-1</sup> en Puerto Aguirre (XI región) (SEREMI-XI Región).

Las toxinas del VDM o toxinas lipofílicas incluyen un grupo de compuestos poliéteres liposolubles y de elevado peso molecular que difieren en estructura química y actividad biológica. El primer grupo incluye el Ácido Okadaico (AO), Dinofisistoxina 1 (DTX-1), Dinofisistoxina 2 (DTX-2) y la Dinofisistoxina 3 (DTX-3) (Figura 2). Los otros dos grupos son lactosas polietéreas cíclicas conocidas como pectenotoxinas (Yasumoto *et al.*, 1985) y los poliéteres disulfatados como las yessotoxinas (Murata *et al.*, 1987). En los moluscos chilenos se ha demostrado la presencia de DTX-1 en la XI y XII Región (García *et al.*, 2004, Uribe *et al.*, 2001), DTX-1 y DTX-3 en la X Región (García *et al.*, 2004; García *et al.*, 2005), pectenotoxinas PTX-2 (Blanco *et al.*, 2007) en la III Región y yessotoxinas en sur de Chile (Zhao *et al.*, 1993). El dinoflagelado *Dinophysis acuta* es la principal especie responsable de los eventos tóxicos en la región austral de Chile y *Dinophysis acuminata* es la fuente de origen de las pectenotoxinas en el norte (III y IV región) y DTX-1 en la XII región. El dinoflagelado *Protoceratium reticulatum* podría ser la fuente de yessotoxinas en la región austral (Tabla 1). Se ha demostrado que esta especie produce yessotoxinas en Nueva Zelanda (Satake *et al.*, 1997) y en Japón (Satake *et al.*, 1999 citado en Fernández *et al.*, 2002). La toxina DTX-3 no ha sido encontrada en muestras de fitoplancton, por lo que se ha postulado que ella es producto del metabolismo de los moluscos (García *et al.*, 2005), el AO, DTX-1 o DTX2 pueden ser transformada a DTX-3 (Quilliam, 2003). Los primeros registros de intoxicaciones por VDM aparecen en 1966, en el fiordo de Puyuhuapi ( $44^{\circ} 35' S$ ) en la XI región y el año 1970 en el Estuario de Reloncaví ( $41^{\circ} 31' S$ ), con una intoxicación

**FIGURA 2**



Acido Okadaico	(AO)	R1= H	R2=H
Dinofistoxina -1	DTX-1	R1= H	R2= C <sub>3</sub> HR3=CH <sub>3</sub>
Dinofistoxina -2	DTX-2	R1= H	R2= C <sub>3</sub> HR3=H
Dinofistoxina -3	DTX-3	R1= Acyl	R2= C <sub>3</sub> HR3=CH <sub>3</sub>

**CUADRO 1**  
**Distribución geográfica de las toxinas marinas presentes en Chile**

Microalga	Toxinas	Distribución geográfica	Referencias
<i>Alexandrium catenella</i>	Veneno Paralizante de los Mariscos (VPM)	55° – 42° 10' Lat. S.	Guzmán et al., 2002 Molinet et al., 2003
<i>Dinophysis acuta</i>	Veneno Diarreico de los Mariscos (VDM).	41° 27' – 53° 19' Lat. S.	Lembeye 1994 Uribe et al., 2001 García et al., 2004, García et al., 2005
<i>Dinophysis acuminata</i>	PTX-2 DTX-1	27° y 30° Lat. S. 53° Lat. S (XII región)	Blanco et al., 2007 Uribe et al., 2001
<i>Pseudo-nitzschia australis</i>	Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM)	27 y 30° Lat.S 41° 45' – 43 ° Lat. S 48 – 49° Lat. S	Suarez et al., 2002

masiva de 380 personas. Posteriormente se registran nuevos eventos en los años 1979, 1983 1985 y 2005 en el estuario de Reloncaví y en forma permanente en los canales y fiordos de la XI región (Seguel, Tocornal y Sfeir, 2005).

En el Veneno Amnésico de los Mariscos (VAM), el principal componente es el Ácido Domoico (AD), un aminoácido que pertenece al grupo de los Kainatos. La toxina amnésica se ha detectado en mariscos provenientes de la III, IV y X región (Suárez et al., 2002) (Cuadro 1). La microalga asociada a la producción de esta toxina es la diatomea *Pseudo-nitzschia australis*. Esta especie tiene un amplio rango de distribución geográfica desde 18° hasta 56° 19' S (Rivera, 1985). Los eventos de mayor importancia son los 1999 en la IV región donde el valor máximo alcanzo a los 62 µg AD g<sup>-1</sup>, y en el año 2000 en Chiloé, con un valor máximo de 330 µg g<sup>-1</sup>. Desde del 2001, se presenta todos los años en Chiloé, pero con valores bajos, solo en algunas ocasiones se ha producido el cierre temporales de áreas de cultivo. No existen antecedentes de intoxicaciones asociadas a la toxina amnésica.

Estos eventos tóxicos han obligado a nuestro país a implementar una serie de medidas de mitigación para evitar los problemas de salud pública y mantener e incluso incrementar las exportaciones de moluscos bivalvos que son susceptibles de acumular estas toxinas. Para ellos ha implementado programas de monitoreo e incrementado fondos destinados a la investigación y la capacitación.

Se pueden destacar tres programas de monitoreo: el Programa de Monitoreo de la Autoridad Sanitaria Regional (SEREMI), el Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB) y el Programa de Control de Producto Final.

**Programa de monitoreo de la autoridad sanitaria regional (SEREMI):** este programa tiene por objetivo principal la disminución del riesgo de intoxicación por el consumo de moluscos bivalvos. Los programas de monitoreo de las regiones más australes se implementan en la década de los 90. Sin embargo el año 2006, se implementó un programa que abarca las tres regiones más australes del país (X, XI y XII Regiones) en su conjunto, el cual es coordinado por el Instituto de Fomento Pesquero. Se han establecido 152 estaciones de muestreo: 39 estaciones en la X región, 60 en la región de Aysén y 48 en la región de Magallanes. Los parámetros que analizan son fitoplancton (cuantitativo y cualitativo), toxinas en mariscos (VPM, VDM, VAM) y parámetros ambientales (clorofila a, nutrientes, temperatura y salinidad). Los análisis de toxinas son realizados en los laboratorios de la autoridad sanitaria regional ubicados en las principales ciudades del sur de Chile, tales como Puerto Montt, Castro, Quellón, Aysén y Punta Arenas. Estos resultados les permiten dictaminar las resoluciones sanitarias que determinan áreas autorizadas de extracción de mariscos, como las condiciones para su comercialización.

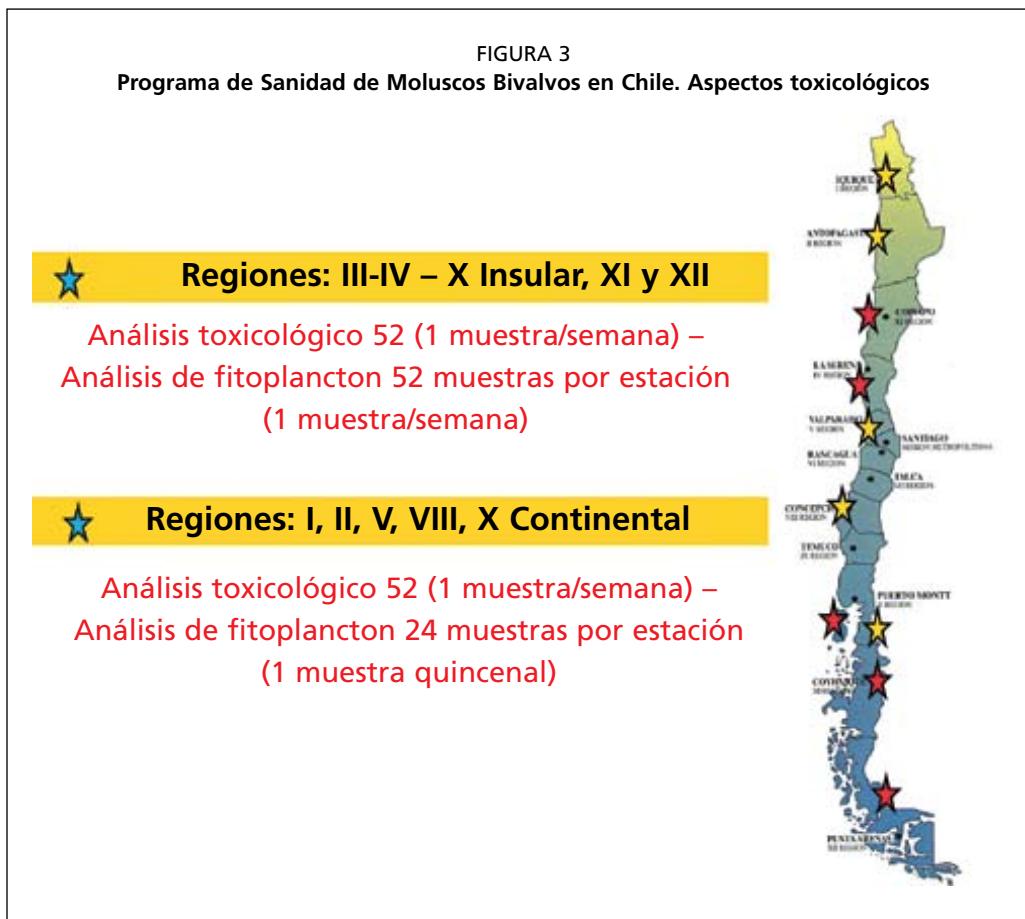
**Metodologías de detección de toxinas:** Las metodologías utilizadas para la detección de toxinas son bioensayo de ratón para el veneno paralizante (AOAC, 2005) y las

toxinas lipofílicas, y por Cromatografía de Alta Resolución (High Pressure Liquid Chromatography – HPLC) para el veneno amnésico de los mariscos (Quilliam *et al.*, 1995). Los límites permisibles para el consumo humano son: 80 µg STX eq. 100 g<sup>-1</sup> de carne para el veneno paralizante, no detectado (es decir si dos de tres ratones no mueren en un periodo de 24 hrs) para las toxinas lipofílicas y de 20 µg AD g<sup>-1</sup> de carne para el Veneno Amnésico de los Mariscos. Estos límites coinciden con los exigidos por la comunidad Económica Europea y por Estados Unidos de América.

Existe otra tecnología para la detección de toxinas paralizantes como la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) con derivatización post-columna. Esta metodología se ha utilizado especialmente en investigación por su alta sensibilidad, precisión y reproducibilidad, que permite obtener información sobre los complejos tóxicos tanto en fitoplancton como en mariscos (Lagos, 2002). Es así, como se han descrito los perfiles toxicológicos de cepas de *Alexandrium catenella* de la X y XI Regiones (Sfeir *et al.*, 2005) y de la XII región y de los moluscos bivalvos (Lagos, 1998).

**Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB):** Este programa establece las normas sanitarias aplicables a la producción y puesta en el mercado de moluscos bivalvos cuyo destino final sea la Unión Europea y/o Estados Unidos de América. Se divide en dos etapas, la primera es la clasificación de las áreas y la segunda es el monitoreo permanente de las áreas para vigilar su condición sanitaria. Este programa esta a cargo de SERNAPESCA y su costo es de responsabilidad de los productores. En el ámbito de las toxinas marinas, el monitoreo de las zonas de producción de los cultivos de bivalvos tienen diferentes requerimientos de análisis de toxinas dependiendo de la condición sanitaria de la región de extracción de los recursos. Los centros de cultivos ubicados en I, II, V, VIII, X región continental realizan un total de 52 análisis de toxinas (VPM, VDM, VAM), es decir una muestra por semana y 24 de análisis de fitoplancton por estación en el año (1 muestra cada 15 días). En las regiones III, IV, X Insular, XI y XII regiones se realizan 52 análisis de toxinas y de fitoplancton (1 muestra/semana) (Figura 3). Las muestras de fitoplancton cualitativas se toman con una red de fitoplancton de 23 µm de trama cubriendo los primeros 20 o 30 metros de la columna de agua y las muestras cuantitativas con una manguera integrando la columna de agua entre 0–15 metros de profundidad. En el laboratorio se identifican todas las microalgas con énfasis en la especies productoras de toxinas, es decir *Alexandrium catenella*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis acuminata*, *Protoceratium reticulatum*, *Protoperidium crassipes* y *Pseudo-nitzschia australis*. Las entidades muestradoras y los laboratorios que analizan estas muestras deben ser autorizadas por SERNAPESCA. Actualmente se encuentran dos laboratorios autorizados para el análisis de toxinas marinas: Centro Regional de Análisis de Recursos y Medio Ambiente, perteneciente a la Universidad Austral de Chile en Puerto Montt, y el Laboratorio de Toxinas Marinas, perteneciente a la Universidad de Chile, presente en Santiago y Castro (Chiloé).

**Programa de control de producto final:** Los productos que son exportados a la comunidad económica y/o Estados Unidos de América deben ser certificados de que los niveles de toxinas se encuentran bajo los límites permisibles para el consumo humano. El número de análisis de toxinas solicitados en el producto de exportación depende de diferentes factores tales como: volumen (toneladas) a exportar, área geográfica de origen del producto y si los moluscos bivalvos y/o gasterópodos son de alto o bajo riesgo de adquirir las toxinas. Por ejemplo, los gasterópodos y los ostiones (sólo se exporta el músculo) están incluidos en la categoría de bajo riesgo. Los abalones (*Haliotis rufescens*) y el loco (*Choncolepas choncholepas*) requieren análisis de VPM y VAM si provienen de la III, IV y X región, y sólo VPM si viene del resto del país. Los laboratorios que realizan estos análisis deben ser autorizados por SERNAPESCA para realizar los análisis.



**Investigación:** Desde la década de los noventa se comenzaron a financiar proyectos en el ámbito de las mareas rojas, estos fondos provinieron de diferentes fuentes tales como: Fondo de Investigación Pesquera (FIP), Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI-CORFO), Comité Oceanográfico Nacional a través de su programa CIMAR-FIORDOS, Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), Comisión Nacional de Investigación en Ciencia y Tecnología (CONICYT), Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR). Estos proyectos han financiado propuestas de monitoreo en las regiones más australes del país, producción de estándares para las toxinas del VPM y VDM, desarrollo de tecnologías rápidas para la detección de toxinas, identificación de y cuantificación de quistes de dinoflagelados tóxicos en los sedimentos del sur de Chile.

En el año 2002, como consecuencia del evento tóxico de *Alexandrium catenella* en el sector de Chiloé, se creó el Programa de Ciencia y Tecnología aplicada a Marea Roja, el cual tiene como objetivo contribuir a la prevención, mitigación y eventual problemas generados por las Floraciones Algales Nocivas. Las principales líneas de investigación financiadas son: estudios genómicos de *Alexandrium catenella*, monitoreo y educación, desarrollo de herramientas inmunológicas para la identificación de *A. catenella* y estudios de precursores bio-geoquímicos de las floraciones nocivas. Uno de los logros de este programa es la creación del primer cepario de microalgas productoras de toxinas en Chile, el cual esta a cargo del Centro I-mar perteneciente a la Universidad de Los Lagos en Puerto Montt (Stead *et al.*, 2005). Este programa tiene su segundo llamado a concurso en el año 2007.

## CONCLUSIONES

Se concluye con una serie de recomendaciones que deberían ser abordadas a través de proyectos de investigación y/o de acciones de mejoramiento de actividades que ya estén implementadas:

1. Desarrollar técnicas moleculares para la detección de microalgas tóxicas (*Pseudonitzschia*, *Alexandrium*) y de quistes de resistencias de *Alexandrium catenella*.
1. Implementar nuevas técnicas de detección de las toxinas lipofílicas.
2. Coordinar los programas de monitoreo existentes en las regiones para optimizar los recursos económicos y técnicos.
3. Desarrollar planes de manejo para explotación de bancos naturales de moluscos bivalvos afectados por biotoxinas marinas.
4. Estudiar la fisiología y toxicología de las microalgas que afectan a la salud pública y la salmonicultura.
5. Buscar los bancos de quistes de dinoflagelados tóxicos y estudiar su rol ecológico en la iniciación de los eventos tóxicos.
6. Mejorar las capacidades existentes en la taxonomía del fitoplancton.
7. Implementar laboratorios de análisis de toxinas en el norte de Chile, asociados al cultivo del ostión del norte (*Argopecten purpuratus*).
8. Desarrollar técnicas de detoxificación de moluscos bivalvos en planta de procesos.

## BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 2005. Paralytic Shellfish Poison. Biological method. Final Action *Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist, dsec 959.08*. Capítulo 49: 79–81.
- Blanco, J., Álvarez, G. y Uribe, E. 2007. Identification of pectenotoxins in plankton, filter-feeders, and isolated cells of a *Dinophysis acuminata* with an atypical toxin profile, from Chile. *Toxicon.*, (49): 710–716.
- Benavides, H., Prado, L., Díaz, S.Y. y Carreto, J. 1995. An exceptional bloom of *Alexandrium catenella* in the Beagle Channel, Argentina. En P. Lassus, Arzul, G., Erard, E., Gentien. P. y Marcoillou, C. eds. *Harmful Marine Algal Blooms*, Págs. 113–119, Paris, Lavoisier Publishers.
- Fernández, M. L., Míguez, A., Cacho, E., Martínez, A., Diogéne, J. y Yasumoto, T. 2002. Bioensayos con mamíferos y ensayos bioquímicos y celulares para la detección de ficotoxinas, En E.A. Sar, Ferrario, M.E. y Reguera, B. eds. *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. págs 79–120. Instituto Español de Oceanografía. España.
- García, C., Mardones, P., Sfeir, A. y Lagos, N. 2004. Simultaneous presence of Paralytic and Diarrheic shellfish poisoning toxins in *Mytilus chilensis* samples collected in Chiloé Island, Austral Chilean Fjords. *Biol. Res.*, (37): 721–731.
- Garcia, C., Truan D., Lagos, M., Santelices, J.P., Díaz, J.C. y Lagos, N. 2005. Metabolic transformation of dinophysistoxinn-3 into dinophysistoxin-1 causes human intoxication by consumption of o-acyl-derivates dinophysistoxins contaminated shellfish. *Toxicol. Sci.*, (30): 287–205.
- Guzmán, L., H. Pacheco, H., Pizarro, G. y Alarcón, C. 2002. *Alexandrium catenella* y Veneno Paralizante de los Mariscos en Chile. En E.A. Sar, Ferrario, M.E. y Reguera, B. (eds). *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. Págs. 237–256. Instituto Español de Oceanografía. España.
- Lagos, N. 1998. Microalgal Blooms: a global issue with negative impact in Chile. *Biol. Res.*, (31): 375–1198.
- Lembeye, G. 1994. *Dinophysis acuta* y brotes de intoxicaciones diarreicas en Chile. *IOC Workshop Report*, 101: 30–33.
- Molinet, C., Lafon, A., Lembeye, G. y Moreno, C.A. 2003. Patrones de distribución espacial y temporal de floraciones de *Alexandrium catenella* (Whedon & Kofoide) Balech 1985 en aguas interiores de la patagonia noroccidental de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, (76): 681–698.

- Murata, M., Kumagai, M., Lee, J.S. y Yasumoto, T.** 1987. Isolation and structure of yessotoxin, a novel polyether compound implicated in diarrhetic shellfish poisoning. *Tetrahedron*, (28): 5869–5872.
- Oshima, Y.** 1995. Post-column derivatization liquid chromatographic methods for paralytic shellfish toxins. En G.M. Hallegraeff, Anderson, D.M. y Cembella, A.D. eds. *Manual on Harmful Marine Microalgae*, pág. 81. IOC Manuals and Guides, 33. IOC -UNESCO, Francia.
- Quilliam, M.A.** 2003. Chemical methods for lipophilic shellfish toxins. En G.M. Hallegraeff, Anderson, D.M. y Cembella, A.D. eds. *Manual on Harmful Marine Microalgae*, págs 211–245. Monographs on Oceanographic methodology 11. UNESCO Publishing, Francia.
- Quilliam, M., Xie, A. y Hardstaf, W.R.** 1995. Rapid extraction and clean up for liquid chromatographic determination of domoic acid in unsalted seafood. *J. AOAC. Int.*, (78): 543–554.
- Rivera, P.** 1985. Las especies del genero *Nitzschia* Hassall, sección *Pseudonitzschia* (Bacillariophyceae), en las aguas marinas chilenas. *Gayana Bot.*, (3-4): 9–38.
- Satake, M., MacKenzie, L. y Yasumoto, T.** 1997. Identification of *Protoceratium reticulatum* as the biogenetic origin of yessotoxin. *Nat. Toxins*, (5): 164–167.
- Seguel, M., Tocornal, M.A. y Sfeir, A.** 2005. Floraciones Algales Nocivas en los canales y fiordos del sur de Chile. *Cienc. Tecnol. Mar.*, (28): 5–13.
- Sfeir, A., Seguel, M. y Navarrete, F.** 2005. Composición toxicológica de distintas cepas chilenas de *Alexandrium catenella*. En *XXV Congreso de Ciencias del Mar- XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*. Pág 192. 16–20 de mayo de 2005. Viña del Mar. Chile.
- Stead, R., Varela, D., Seguel, M. y Navarrete, F.** 2005. Cepario Nacional de microalgas tóxicas: un apoyo para el avance en el conocimiento de los florecimientos de algas nocivas. En *XXV Congreso de Ciencias del Mar – XI Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*. Pág 371. 16–20 de mayo de 2005. Viña del Mar. Chile.
- Suárez-Isla, B., López, A., Hernández, C., Clément, A. y Guzmán, L.** 2002. Impacto económico de las Floraciones de Microalgas nocivas en Chile y datos recientes sobre la ocurrencia de veneno amnésico de los mariscos. En E.A. Sar, Ferrario, M.E. y Reguera, B. eds. *Floraciones Algales Nocivas en el Cono Sur Americano*. Págs. 259–268. Instituto Español de Oceanografía. España.
- Uribe, J.C., García, G., Rivas, M. y Lagos, N.** 2001. First report of diarrhetic shellfish toxins in Magellanic fjord, southern Chile. *Journal of Shellfish Research*, (20): 69–74.
- Yasumoto, T., Murata, M., Oshima Y., Matsumoto K. y Clardy, J.** 1984. Diarrhetic shellfish poisoning. En E.P. Ragelis, ed. *Seafood Toxins*, ACS Symposium Series. 262:207–214. American Chemical Society, Washington DC.
- Yasumoto, T., Murata, M., Oshima Y., Sano, M., Matsumoto, K. y Clardy, J.** 1985. Diarrhetic shellfish poisoning. *Tetrahedron*, (41): 1019–25.
- Zhao, J., Lembeye, G., Cenci,G., Wall, B. y Yasumoto T.** 1993. Determination of okadaic acid and dinophysistoxin -1 in mussels from Chile, Italy and Ireland. En T.J. Smayda y Shimizu, Y. eds. *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Págs. 587–592. Elsevier, Amsterdam.

# Herramientas biotecnológicas en el cultivo de bivalvos

**Pedro I. Bustamante**

*Instituto de Acuicultura, Universidad Austral de Chile*

*Puerto Montt, Chile*

*E-mail: pedrobustamante@uach.cl*

**Bustamante, P.I.** 2008. Herramientas biotecnológicas en el cultivo de bivalvos. En A. Lovatelli, A. Fariás e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO *Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 317-326.

## RESUMEN

Las herramientas genómicas, transcriptómicas y proteómicas están cambiando nuestra forma de trabajo y han abierto una gran gama de oportunidades en todos los campos de la investigación. Estas novedosas tecnologías están produciendo un impacto inmediato en las actividades de la acuicultura, principalmente en los países industrializados. En este estudio, exploramos el potencial y las promesas ofrecidas por estas herramientas biotecnológicas para estudiar organismos bivalvos. Investigaciones basadas en mapas genómicos, transcriptomas y proteómicas están siendo llevados a cabo, para estudiar las bases de la expresión genética, de características de interés en la industria de bivalvos, principalmente en la susceptibilidad a enfermedades, tolerancia al stress y crecimiento. La ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*), es el foco de un consorcio internacional para secuenciar su genoma, junto con la secuenciación del genoma mitocondrial de otras especies de bivalvos. La utilización de bivalvos en programas de monitoreo, ha favorecido los estudios proteómicos de las respuestas de estos organismos a agentes xenobióticos y contaminantes. Desafortunadamente, estas tecnologías no están siendo implementadas con la suficiente rapidez, por los países latinoamericanos, considerando, la importancia de las actividades de la acuicultura y la pesca en esta región.

## ABSTRACT

Genomic, transcriptomic and proteomic tools are changing the way we work and have opened up opportunities in all fields of research. These new technologies are already having an impact on aquaculture activities, mainly in industrial countries. In this review we explore the potential and promise offered by these biotechnological tools to study bivalve organisms. Research based on genome maps, transcriptomics and proteomics is being carried out to study the genetic expression and molecular bases of traits of interest in bivalve farming industry, mainly disease susceptibility, tolerance to environmental stress and growth. The Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) is the focus of an international genome-sequencing consortium together with mitochondrial genome-sequencing of other bivalve species. The use of bivalves in pollution monitoring programmes has prompted the proteomic studies of the cell and organism responses to xenobiotics and pollutant agents. Unfortunately, these new technologies are not being implemented as

fast as they should by Latin American countries given the importance of the aquaculture and fisheries activities in the region.

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, los bivalvos siempre se han cultivado; los juveniles en el cultivo de bivalvos, se obtienen y recolectan de zonas naturales de reproducción, para después plantarlos en zonas seleccionadas para facilitar un buen crecimiento y recolectarlos una vez que alcanzan la talla comercial. Utilizando esta estrategia de producción, no ha sido necesario implementar programas de selección genética en bivalvos, a diferencia de la agricultura, donde en los últimos decenios, programas de mejoramiento genético han producido plantas y animales muy superiores a la fauna y flora originales. Estos programas de mejoramiento son de largo aliento y difíciles de implementar, debido a varias razones, entre las cuáles se puede mencionar, necesidad de personal altamente especializado y alto costo de las técnicas y metodologías utilizadas, entre otras (Helm *et al.*, 2006). Sin embargo, con el descubrimiento de Watson y Crick en 1953, que el ácido desoxirribonucleico (ADN) constituye el material genético de los seres vivos, y el posterior desciframiento del código genético, y con el aporte de biólogos, genetistas, químicos, ingenieros, etc., los conocimientos obtenidos por las ciencias básicas, se comenzaron a utilizar en la generación de nuevas tecnologías, dando lugar a la creación de una nueva disciplina, denominada biotecnología. Existen muchas interpretaciones y definiciones de esta disciplina, en este estudio, se utiliza la definición recomendada por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), a manera de uniformizar este concepto a nivel internacional, y que dice: «*la aplicación de Ciencia y Tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos derivados de ellos, para modificar organismos vivos o materiales no vivos, para la producción de conocimientos, bienes y servicios*».

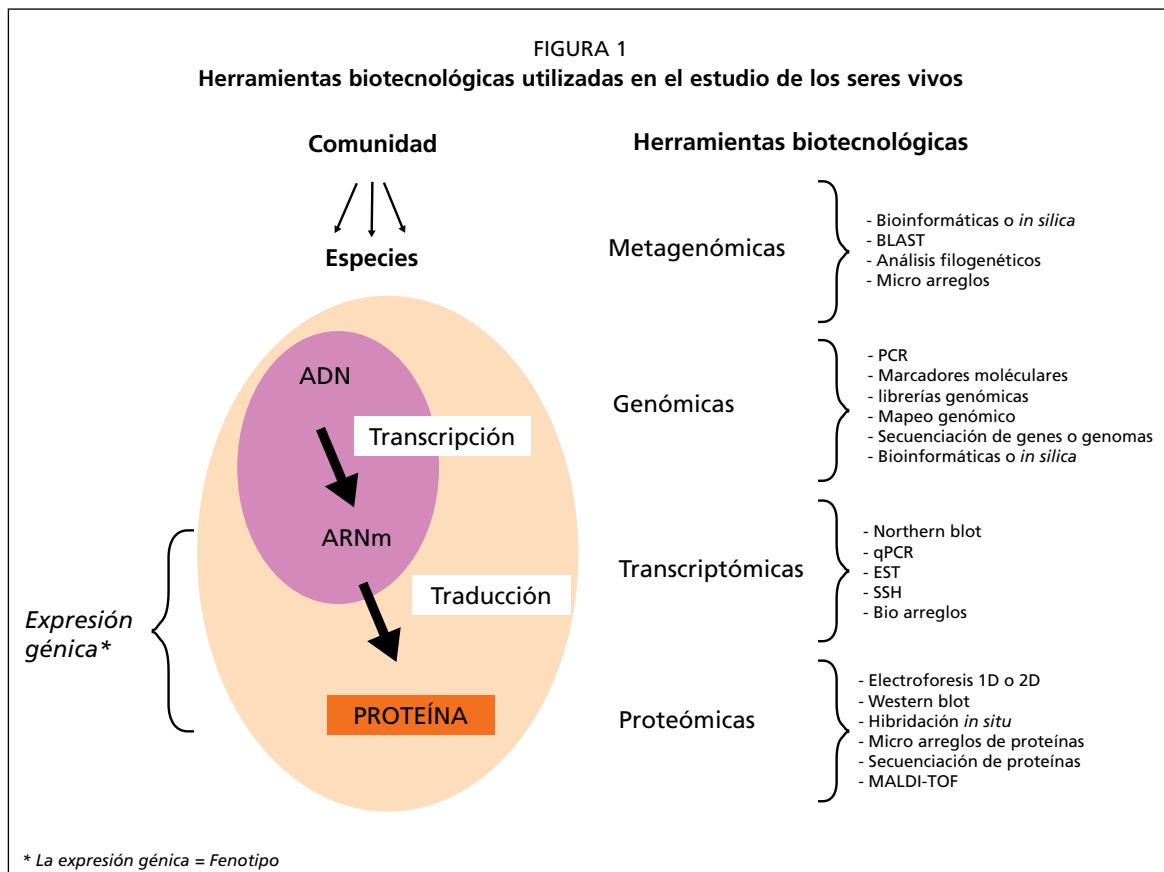
En el presente trabajo se revisan las diferentes herramientas biotecnológicas que se aplican actualmente y/o podrían utilizarse en el futuro cercano para el cultivo de los bivalvos. El conocimiento de la estructura genómica, funcionamiento y evolución de los bivalvos es actualmente limitada, pero con la optimización y aplicación de las tecnologías de la genómica, transcriptoma y la proteómica, se puede dar por cierto, que se incrementará exponencialmente en los próximos años.

### Herramientas biotecnológicas

Las herramientas biotecnológicas están revolucionando nuestro entendimiento de los seres vivos a todos los niveles (Van Straalen y Roelofs, 2006). En este estudio, y solamente basados en un criterio práctico, las herramientas biotecnológicas han sido categorizadas en cuatro grupos (Figura 1):

- **Metagenómicas:** son aquellas herramientas utilizadas para realizar estudios filogenéticos y de taxonomía molecular de las diferentes especies de bivalvos.
- **Genómicas:** son aquellas herramientas utilizadas para caracterizar el ADN genómico de bivalvos.
- **Transcriptómicas:** son aquellas herramientas utilizadas para caracterizar ácidos ribonucleicos (ARNm), biomolécula que se forma como producto de la transcripción y que junto con el proceso de traducción, se conoce como expresión génica.
- **Proteómicas:** son aquellas herramientas destinadas a caracterizar las proteínas en los bivalvos.

Las herramientas mencionadas anteriormente pueden ser utilizadas, para caracterizar, aislar, identificar e incluso modificar biomoléculas de cualquier ser vivo. Desde otra perspectiva, podrían ser clasificadas en a) *biotécnicas generales*; como son las de electroforesis que permiten aislar y caracterizar biomoléculas con carga eléctrica,



como los ácidos nucleicos y las proteínas, las de hibridación de ácidos nucleicos como Southern blot, las de amplificación de ácidos nucleicos, como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), las de secuenciación de ácidos nucleicos y proteínas, las inmunoquímicas como hibridación *in situ*, entre otras; b) biotécnicas de expresión *in vitro*, tales como las de Northern blot, etc. c) biotécnicas de expresión *in vivo*, tales como PCR tiempo real o cuantitativo (qPCR), Western blot, hibridación diferencial de colonias (SSH), «Motivos» de secuencias expresadas (Expressed Sequence Tag [EST]), MALDI TOF, etc. y finalmente las que se conocen como d) biotécnicas *in silico*, que también se conocen como herramientas bioinformáticas, entre las cuales se puede mencionar; alineamientos de secuencias de biomoléculas (BLAST), tanto de ADN como de proteínas; bio-arreglos de ácidos nucleicos y proteínas; análisis de filogenia y taxonomía molecular, entre otras (Mullis y Falloona, 1987; Yergeny *et al.*, 2002).

### Herramientas genómicas

La genómica en el caso de los metazoos involucra la caracterización de los genomas nucleares y del genoma mitocondrial, obteniendo información del orden de las secuencias de ADN de los individuos. El término «genomics» se acuñó en la década de los años 80, pero se hizo familiar con el proyecto de secuenciación del genoma humano (Rogers y Venter, 2005). Gracias al desarrollo de las técnicas de secuenciación de ADN, y a la posibilidad de almacenar información, en bases de datos de fácil acceso a todos los usuarios. Las herramientas genómicas tuvieron un crecimiento exponencial, con el desarrollo de la técnica de PCR. Con la optimización de estas técnicas de biología molecular, se ha podido estudiar el genoma de bivalvos. Aunque el conocimiento de la estructura y contenido genético del genoma de los bivalvos es muy limitado en comparación a otros invertebrados y a los vertebrados en general, se ha logrado determinar qué el contenido de ADN del genoma haploide de los bivalvos, fluctúa entre 0,65 picogramos a 5,4 picogramos, y se ubica en el rango medio de los establecidos para

los metazoos (Gregory, 2007). Por otra parte, el número de cromosomas haploides, fluctúa entre 10 a 23 y tienden a ser muy homogéneos en tamaño, lo cuál hace difícil su caracterización por las técnicas tradicionales o clásicas de bandeo C o G, pues no permite diferenciar a los cromosomas entre sí (Saavedra y Bachere, 2006).

Respecto de la organización de las regiones no codificantes del genoma de los bivalvos, se tiene conocimientos que ADN repetido, ya sea de naturaleza satélite o interdispersas es común. Algunas familias de ADN satélite han sido caracterizados en mitílidos (Martínez-Lage *et al.*, 2005) y ostras (López-Flores *et al.*, 2004).

Al realizar una búsqueda en las bases de datos, con la palabra clave «bivalvia» se obtiene aproximadamente 80 000 entradas de secuencias nucleotídicas y aproximadamente 4 000 de secuencias proteicas. Estos valores encontrados son relativamente bajos, si se compara con los resultados obtenidos con el término «mollusca», por ejemplo, donde se obtiene aproximadamente 650 000 secuencias nucleotídicas, y aproximadamente 15 000 secuencias proteicas o con el término «teleostei», que representa a otro grupo de animales acuáticos como son los peces y con mas de 6 millones de secuencias nucleotídicas y aproximadamente 95 000 secuencias proteicas. (<http://www.ebi.ac.uk/>; [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)).

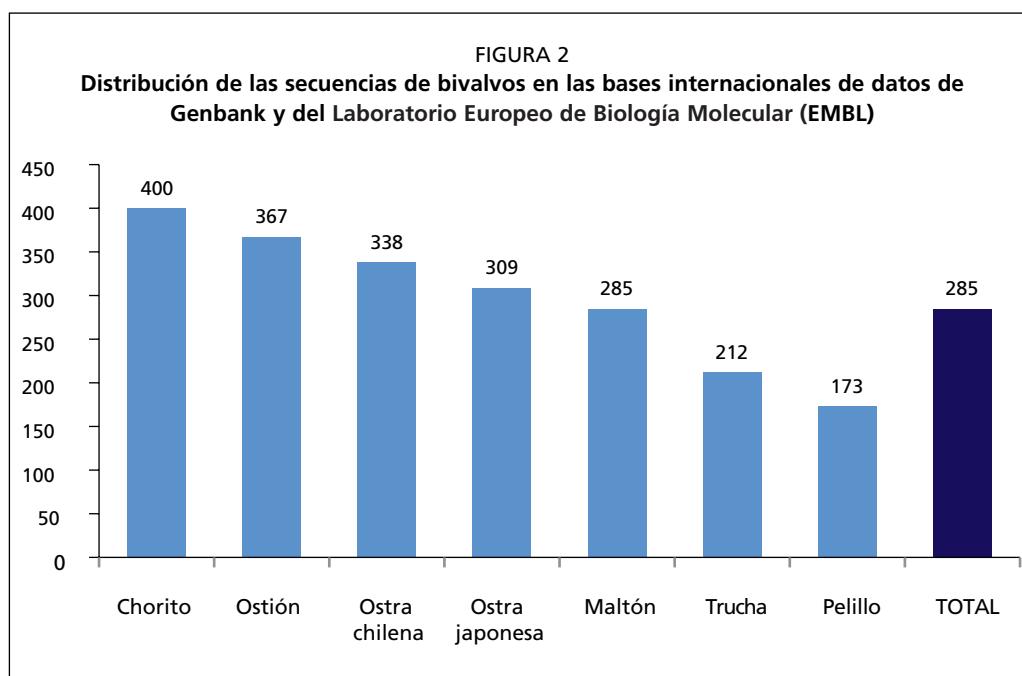
Las secuencias nucleotídicas de los mitílidos, son predominantes, con un porcentaje de 45 por ciento, luego siguen los ostreídos (29%), principalmente representados por *Crassostrea virginica* y *Crassostrea gigas* y con valores muy próximos los pectínidos con un 22 por ciento (Figura 2). Los menos estudiados desde un punto de vista genómico, corresponde a los «clams» (4%). Esta distribución de las secuencias de bivalvos, difiere de los datos encontrados por Saavedra y Bachere (2006), debido principalmente a los programas de secuenciación de genomas mitocondriales, que se están realizando en la actualidad y demuestra lo dinámico de esta disciplina. En gran medida, también, al bajo número de secuencias nucleotídicas representativas de los bivalvos en las bases de datos. Por otra parte, los genomas de mas de 300 organismos, han sido secuenciados y es sólo el comienzo, pues la eficiencia de las tecnologías de secuenciación se incrementa en forma periódica (Margulies *et al.*, 2005).

En el ámbito de los bivalvos, las iniciativas de secuenciación están recién comenzando, en el Cuadro 1, se presentan las iniciativas que actualmente se están o se han llevando a cabo por diversas instituciones, información obtenida de las bases de datos de Genbank y del Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL) European Bioinformatics Institute (EBI) databank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>; <http://www.embl.ebi.uk>). La mas avanzada al respecto, es el establecimiento de un consorcio para secuenciar la ostra del este, *Crassostrea virginica* (<http://www.marinegenomics.org>). En el DOE Joint Genome Institute del Departamento de Energía (JGI) de los Estados Unidos de América, por otra parte, se está secuenciando el genoma mitocondrial de diversos organismos acuáticos, incluidas algunas especies de mitílidos (<http://www.jgi.doe.gov>).

**CUADRO 1**  
**Proyectos de secuenciación en bivalvos publicados en las bases de datos internacionales**  
**Genbank y EMBL**

Ostras	La ostra del este, <i>Crassostrea virginica</i> , es abundante en la costa Este de los Estados Unidos de América y de valor comercial	Medical University of South Carolina <a href="http://www.marinegenomics.org/">http://www.marinegenomics.org/</a> University of Delaware, Estados Unidos de América <a href="http://www.ocean.udel.edu/index.shtml">http://www.ocean.udel.edu/index.shtml</a>
Pectínidos	<i>Argopecten irradians</i> , es un bivalvo pectínido habitante de la región Este de los Estados Unidos de América y de importancia comercial	Marine Biological Laboratory. <a href="http://www.mbl.edu/marine_org/index.html">http://www.mbl.edu/marine_org/index.html</a>
Almejas	<i>Spisula solidissima</i> se encuentra en el Océano Atlántico y es un bivalvo comercialmente importante	Marine Biological Laboratory <a href="http://www.mbl.edu/marine_org/index.html">http://www.mbl.edu/marine_org/index.html</a>

Fecha de revisión: Septiembre, 2007.



El genoma mitocondrial de los bivalvos es de particular interés debido a que presentan dos tipos de genomas, denominados F y M, siendo los machos heteroplásmicos y las hembras homoplásmicas para el genoma F (Zouros, 2001). El genoma mitocondrial de prácticamente una docena de bivalvos ha sido secuenciado. En la Cuadro 2, se describe la información disponible respecto de la organización y estructura mitocondrial de los bivalvos. A pesar de ser muy pocos los genomas secuenciados, es relevante la gran

#### CUADRO 2

#### Organización de genoma mitocondrial en bivalvos de acuerdo a información publicada en las bases de datos internacionales Genbank y del Laboratorio Europeo de Biología Molecular

Genoma mitocondrial	% G+C	% Codificante	Topología	Tamaño (nt)	Nº Genes	Institución	GenBank
<i>Crassostrea virginica</i>	30	55	ADN circular	17 243	12	Univ. of Delaware, USA	AY905542
<i>Crassostrea gigas</i>	36	59	ADN circular	18 224	12	Inje Univ., South Korea	AF177226
<i>Mytilus edulis</i>	38	66	ADN Circular	16 740	12	DOE Joint Genome Institute, USA	AY484747
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	38	67	ADN circular	16 744	12	National and Kapodistrian University of Athens, Greece	AY497292
<i>Mytilus trossulus</i>	38	59	ADN circular	18 652	12	Universite du Quebec Canada	AY823625
<i>Argopecten irradians</i>	43	68	ADN Circular	16 221	12	Acadia University, Biology, Wolfville Canada	EU023915
<i>Placopecten magellanicus</i>	44	35	ADN Bi-circular	32 115	12	Acadia University, Biology, Wolfville Canada	DQ088274
<i>Mizuhopecten yessoensis</i>	44	52	ADN* lineal	20 414	11	Hokkaido Food Research Center, Japan	AB271769
<i>Venerupis (Ruditapes) philippinarum</i>	30	55	ADN circular	22 676	12	University of Tokyo, Japan	AB065375
<i>Acanthocardia tuberculata</i>	40	67	ADN circular	16 104	12	University of Vienna, Austria	DQ632743
<i>Hiatella arctica</i>	33	65	ADN circular	18 244	13	University of Vienna, Austria	DQ632742
<i>Lampsilis ornata</i>	37	69	ADN circular	16 060	13	University of California, USA	AY365193

\* cuatro fragmentos

Fecha de revisión: Septiembre, 2007.

variabilidad observada, respecto de la topología y organización del ADN mitocondrial, lo cuál difiere en gran medida de otros organismos animales, pues es posible encontrar desde ADN lineal, como es el encontrado en los pectínidos *M. yessoensis*, hasta ADN bicircular en *Placopecten magellanicus*. El tamaño del ADN mitocondrial fluctúa entre 16 060 nucleótidos (nt) para *L. ornata* y 32 115 nt para *Placopecten magellanicus*. Por otra parte, el número de genes también es variable fluctuando entre 11 para *M. yessoensis* y 13 para *H. artica* y *L. ornata* (Tabla 2). Es importante mencionar, que fueron encontradas algunas secuencias mitocondriales de *Mytilus chilensis*, en las bases de datos pero corresponden a secuencias incompletas de algunos genes. Iniciativas de secuenciación de genomas, ya sea nucleares o mitocondriales de bivalvos que correspondan a países latinoamericanos no fueron encontradas, aunque se hicieron búsquedas exhaustivas en todas las bases de datos de secuencias disponibles públicamente.

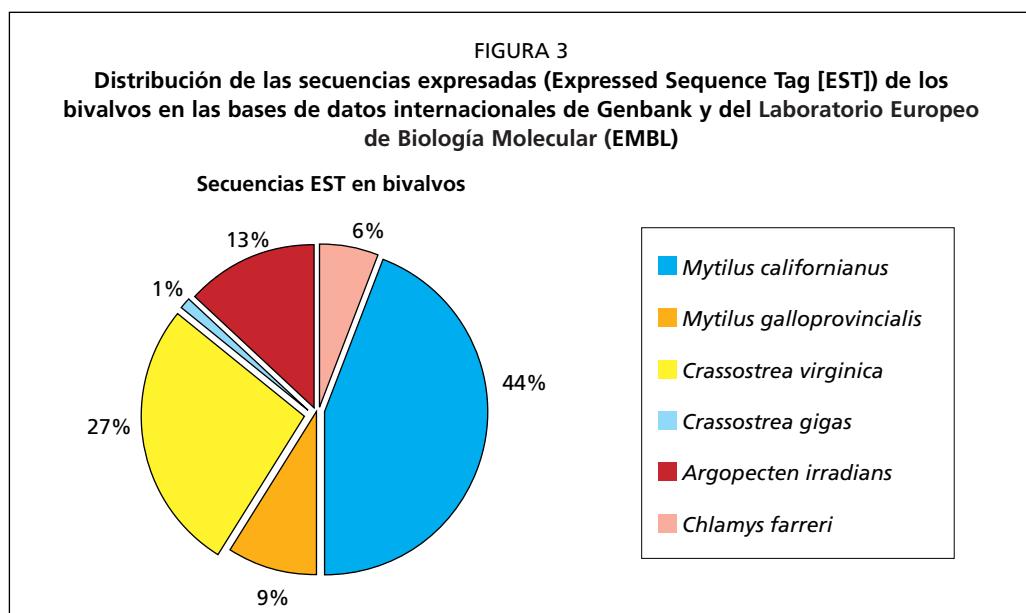
En esta revisión, se dará un mayor énfasis a las herramientas biotecnológicas, relacionadas con el estudio de los patrones de expresión molecular a nivel de ARN mensajero (ARNm) (transcriptoma) y proteínas (proteómica), pues constituyen el complemento imprescindible para descifrar y comprender la función de los genes que conforman el genoma de los seres vivos.

### **Herramientas transcriptómicas**

Entre las técnicas clásicas que han permitido incrementar durante décadas el conocimiento de las funciones génicas, se encuentra el Northern blot. Estas metodologías, hoy en día son menos utilizadas pero no dejan de tener importancia. Aunque su aplicación llevan implícitas desventajas, tales como: el tiempo que consumen, el número limitado de muestras que se pueden analizar en cada experimento, su reproducibilidad, la fiabilidad de la cuantificación y la necesidad de conocer, en algunos casos la secuencia de los genes en estudio. Por estas razones, los científicos han abordado, avanzado y perfeccionado los métodos para el estudio comparativo de la expresión génica en cuanto al análisis de la representatividad del ARNm en células y tejidos, desarrollando nuevas tecnologías, tales como: a) Expresión diferencial. b) EST. c) Tecnología de Bio-arreglos (ADNc, ADN genómico, oligonucleótidos y proteínas). Estos métodos novedosos, han sido desarrollados para el análisis en gran escala de la expresión génica a nivel de ARNm y proteínas, por lo que permiten hacer un estudio comparativo en las poblaciones y, conocer la diferencia de expresión génica entre muestras diferentes, pero relacionadas en su origen. De todas estas tecnologías las menos costosas son: la expresión diferencial y SSH, las cuales son de fácil acceso para laboratorios pequeños y con pocos recursos. Por el contrario, los EST y los bio-arreglos, necesitan un desarrollo tecnológico integral para su eficiente y confiable aplicación.

- a) Expresión diferencial. Esta técnica ha sido utilizada para investigar en el ámbito de patologías que afectan a los moluscos, en el grupo español de Antonio Villalba del Centro de Investigaciones Marinas de Galicia (Da Silva *et al.*, 2005; Villalba *et al.*, 2005). El ARNm extraído es básicamente procesado mediante la reacción de transcripción inversa, utilizando la técnica de PCR cuantitativa.
- b) EST. Un porcentaje muy bajo del genoma de los organismos superiores corresponde a secuencias que codifican proteínas (aproximadamente un 10 por ciento). Esta tecnología alberga un gran valor por la posibilidad de descubrir nuevos genes y mapear sus posiciones en los cromosomas. Su aplicación permite, además, determinar el perfil de expresión génica de una célula o un tejido en estudio, los cuales definen sus características biológicas básicas.

En la Figura 3, se muestra la distribución de las secuencias EST obtenidas de las diferentes especies de bivalvos. Principalmente los mitílidos, ostreídos y pectínidos han sido estudiados con esta herramienta, y se encuentra relacionado con la secuenciación de los genomas mitocondriales, anteriormente descritas. Estos resultados no concuerdan con lo descrito por Saavedra y Bachere



(2006), cuando los ostreídos, eran los más estudiados y orientados a dilucidar la expresión a la resistencia o susceptibilidad de enfermedades en distintas condiciones ambientales. Por otra parte, son muy interesantes, los resultados obtenidos recientemente por el grupo de Dennis Hedgecock de la Universidad de Southern California, Estados Unidos de América, respecto de estudiar la heterosis o el vigor híbrido mediante estudios de transcriptoma en larvas de ostras, asociando las herramientas de EST a una de secuenciación masiva de megaclones denominada MPSS (Hedgecock *et al.*, 2007). En una estrategia similar a la utilizada por Huvet *et al.*, (2004), de utilizar secuencias EST que fueron obtenidas en forma posterior a la utilización de SSH de RNAs, obtenidos de manto y gónadas orientada a estudiar la resistencia/susceptibilidad, al fenómeno de mortalidad de verano de ostras del Pacífico.

c) Tecnología de los Bio-arreglos. Esta tecnología permite conocer la expresión génica diferencial a través de la cuantificación de la expresión de genes durante diferentes estados fisiológicos. Los bio-arreglos ofrecen ventajas evidentes en relación con las demás tecnologías explicadas con anterioridad en este capítulo. Estas ventajas están dadas por el hecho que los bioarreglos son menos laboriosos, más sensibles, no necesitan del conocimiento previo de las secuencias génicas en estudio y, sobre todo, tienden cada vez más a miniaturizarse y a contener mayor cantidad de genes por área. Hasta la fecha se han desarrollado dos formas de realizar los bio-arreglos: los macro y los microarreglos, clasificación que está relacionada con el número de muestras en los soportes, el diámetro del «spot» y el tipo de soporte sobre el cual se organicen las biomoléculas sometidas a tamizaje. El consorcio «Affymetrix» (Santa Clara, Estados Unidos de América) es pionero en la fabricación de biochips comerciales de ADN ([www.affymetrix.com](http://www.affymetrix.com)). Aunque, en la actualidad, tanto en los países Europeos, como en Norteamérica, no existen biochips comerciales específicos para el estudio de expresión génica en bivalvos. Sin embargo, una colaboración internacional se ha establecido entre laboratorios de Francia y Estados Unidos de América para producir microarreglos que contengan sobre los 6 000 ADNc en ostras, principalmente *C. virginica* y *C. gigas* y el patógeno de la ostra *P. marinus* (Hedgecock *et al.*, 2005).

El desarrollo de la bioinformática, por otra parte, es crucial para la interpretación de los resultados, que se obtienen tanto con la tecnología de los bio-arreglos como las transcriptómicas en general. La bioinformática tiene por función servir como una herramienta de búsqueda y alineación de secuencias génicas obtenidas de las bases de

datos, esto se denominó BLAST (del inglés *Basic Local Alignment Search Tool*) en un comienzo. Estas técnicas, han sido utilizadas en el área genómica para el análisis de secuencias y estudios de filogenia molecular, tanto en los países desarrollados como en algunos laboratorios de investigación de bivalvos de países tales como Brasil, Chile y México, sin embargo, no han sido utilizadas en los países latinoamericanos para el estudio y caracterización de la transcripción o como herramientas transcriptómicas, en gran medida porque las tecnologías de PCR cuantitativo o qPCR son relativamente recientes.

### Herramientas proteómicas

Las técnicas proteómicas han sido aplicadas por diversos grupos de investigación, en varios países tales como España, Japón, China, Australia, Francia, Canadá y Estados Unidos de América entre otros. El estudio de los factores que afectan la calidad comercial de los mitílidos, en particular *M. galloprovincialis* y *M. edulis*, han sido estudiadas por el grupo español de López y colaboradores, encontrándose diferencias significativas en los patrones de expresión. También han sido utilizadas para la caracterización genética de especies de bivalvos y la caracterización de proteínas específicas de los estadios larvales (López *et al.*, 2002; López *et al.*, 2005). En Suecia, en la Universidad de Estocolmo y Upsala, se han optimizado diferentes estrategias proteómicas en *M. edulis*, para estudiar la contaminación ambiental marina que afecta a los bivalvos, utilizando herramientas de electroforesis bidimensional (2D), cromatografía líquida y espectrometría de masa (MS), encontrándose patrones específicos de expresión proteica en aquellos individuos expuestos a contaminación derivada de compuestos xenobióticos, petróleo, entre otros (Amelina, *et al.*, 2007; Mi *et al.*, 2007). Por su parte, Diz y Skibinski (2007), de la Universidad de Swansea en Inglaterra, están utilizando herramientas proteómicas, para entender fenómenos evolutivos en regiones híbridas de *M. edulis* y *M. galloprovincialis*. En Francia y China, se están estudiando los procesos de biominerallización de las conchas y formación de perlas en los bivalvos (Marie *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2003). En los países latinoamericanos, solamente en Brasil, se han utilizados estas herramientas para entender la expresión génica de los bivalvos. Sin embargo, es interesante mencionar que en Chile, aunque no se han utilizado herramientas proteómicas propiamente tales, se ha trabajado en la caracterización y utilización de proteínas aisladas del biso de *Choromytilus*, con propiedades bioadhesivas y en la caracterización de biopéptidos aislados de *Mytilus chilensis* y que poseen actividad antimicrobiana (Mercado *et al.*, 2005).

El proteoma de un organismo tiene un carácter dinámico, pues la expresión de proteínas cambia en diferentes etapas del ciclo celular y también en respuesta a acciones externas a diferencia del genoma que es esencialmente constante a lo largo de su vida. En los mamíferos y otros organismos eucarióticos el gen que codifica una proteína, no está constituido por una secuencia continua de nucleótidos, se denominan genes divididos porque poseen una región codificante (exones) y otra no codificante (intrones). El fenómeno de *splicing* o de empalme, consiste en que los exones, pueden reordenarse de varias formas y dar lugar a más de una proteína a partir de un solo gen. De manera distinta a lo planteado por el paradigma de la biología que prevaleció durante el siglo pasado: UN GEN  $\Rightarrow$  UNA PROTEÍNA. Otro evento importante, es el hecho que una proteína puede ser modificada durante o después de la traducción o síntesis de la proteína, en un proceso que se conoce como modificación post traduccional.

La proteómica se basa en la separación, caracterización e identificación de muchas proteínas (en el orden de mil o más) simultáneamente. Entre las técnicas que utiliza se pueden mencionar: a) Electroforesis 2D. Los geles bidimensionales permiten obtener un arreglo o despliegue físico en dos dimensiones de mezclas complejas de proteínas, basados en i) la separación por carga eléctrica (focalización isoeléctrica, IEF), es decir su punto isoeléctrico y ii) la separación por tamaño molecular que se efectúa en un gel de poliacrilamida (SDS-PAGE); b) Cromatografía líquida. La electroforesis bidimensional

posee algunas limitaciones, para analizar proteínas hidrofóbicas, ya que por su escasa solubilidad están subrepresentadas. Por tales motivos, en los últimos años ha existido la tendencia a trabajar, con los péptidos, en vez de las proteínas, tratando de solucionar las limitaciones señaladas. La cuantificación se logra mediante un análisis detallado de las distribuciones de los péptidos analizados y así se infiere la expresión diferencial de las proteínas que los contienen. c) Espectrometría MS. La espectrometría, es la herramienta más empleada en los estudios de proteómica para la identificación de las proteínas. En la década de los 80, Fenn *et al.* (1989), describe la aplicación de la ionización por electronebulización (*electrospray ionization*, ESI), al estudio de péptidos, proteínas y otras biomoléculas. Un año antes, Tanaka *et al.* (1988), había publicado un nuevo método de ionización conocido como MALDI (*Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization*). Estos dos métodos, revolucionaron completamente la aplicación de la espectrometría de masas a las biomoléculas y en apenas diez años, la espectrometría de masas, se convirtió en un método poderoso para el análisis y la caracterización de proteínas y péptidos.

## CONCLUSIONES

Las herramientas biotecnológicas, en particular, las genómicas, transcriptómicas y proteómicas se están utilizando principalmente en los países desarrollados, para entender y resolver los problemas de metabolismo, nutrición y reproducción, relacionados con el cultivo de bivalvos. Sin embargo, es necesario entender que son «herramientas», por lo tanto, deberían estar adscritas a programas de mejoramiento y manejo de los recursos acuícolas. En ese aspecto, es necesario pensar en aplicar estrategias similares a las desarrolladas para otros animales, que han desarrollado eficientes programas de manejo genético.

Por otra parte, también se aprecia que existe una gran deficiencia en la utilización de estas herramientas para el cultivo de bivalvos en los países latinoamericanos, principalmente en lo relacionado a la carencia de iniciativas de secuenciación de genomas y en falta de utilización o aplicación de herramientas transcriptómicas y proteómicas, para resolver problemas relacionados con el manejo sustentable de los recursos.

Finalmente, para los países latinoamericanos es fundamental establecer redes de cooperación internacional, para hacer una mejor utilización de estas herramientas biotecnológicas y ello no debería ser difícil de implementar, por las existencias de bases de datos internacionales de acceso abierto y por herramientas online que favorecen las comunicaciones y la transferencia de información en forma expedita.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amelina, H., Apraiz, I., Sun, W. y Cristobal, S. 2007. Proteomics-based method for the assessment of marine pollution using liquid chromatography coupled with two-dimensional electrophoresis. *J Proteome Res.*, (6): 2094–2104.
- Da Silva, P. M., Fuentes, J. y Villalba, A. 2005. Growth, mortality and disease susceptibility of oyster *Ostrea edulis* families obtained from brood stocks of different geographical origins, through on growing in the Ría de Arousa (Galicia, NW Spain). *Marine Biology*, 147: 965–977.
- Diz, A.P. y Skibinski, D.O. 2007. Evolution of 2-DE protein patterns in a mussel hybrid zone. *Proteomics*, 7: 2111–2120.
- Fenn, J.B., Mann, M., Meng, C.K., Wong, S.F. y Whitehouse, C.M. 1989. Electrospray ionization for mass spectrometry of large biomoléculas, *Science*, 246: 64–71.
- Ferreira, M.A. y Grattapaglia, D. 1995. *Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética* (2<sup>nd</sup> ed.) Embrapa.
- Gregory, T.R. 2007. Animal genome size database – <http://www.genomesize.com>.
- Hedgecock, D., Gaffney, P., Gouletquer, P., Guo, X., Reece, K. y Warr, G.W. 2005. The case for sequencing the oyster genome. *J. Shellfish Res.*, (24): 429–442.

- Hedgecock, D., Lin, J., Decola, S., Haudenschild, C., Meyer, E., Manahan, D. y Bowen, B. 2007. Transcriptomic analysis of growth heterosis in larval Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *PNAS.*, 104(7): 2313–2318.
- Helm, M.M., Bourne, N. y Lovatelli, A. 2006 Cultivo de bivalvos en criadero. Un manual práctico. *FAO Documento Técnico de Pesca*. No. 471. Roma, 184 pp.
- Huvet, A., Herpin, A., Degremont, L., Labreuche, Y., Samain, J.-F. y Cunningham, C. 2004. The identification of genes from the oyster *Crassostrea gigas* that are differentially expressed in progeny exhibiting opposed susceptibility to summer mortality. *Gene*, 343: 211–220.
- Kettman, J., Coleclough, C., Frey, J. y Lefkovits, I. 2002. Clonal proteomics: One gene-family of proteins. *Proteomics*, 2: 624–631.
- López, J.L., Marina, A., Alvarez, G. y Vázquez, J. 2002. Application of proteomics for fast identification of species-specific peptides from marine species. *Proteomics*, 2: 1658–1665.
- López-Flores, I., de la Herrán, R., Garrido-Ramos, M.A., Boudry, P., Ruiz-Rejón, C. y Ruiz-Rejón, M. 2004. The molecular phylogeny of oysters based on satellite DNA related to transposons. *Gene*, 339: 181–188.
- López, J.L., Abalde, S.L. y Fuentes, J. 2005. Proteomic approach to probe for larval proteins of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Mar. Biotechnol.*, (7): 396–404.
- Margulies, M., Egholm, M., Altman, W.E., Attiya, S. y Bader, J.S. 2005. Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors. *Nature*, 437: 76–380.
- Marie, B., Luquet, G., Pais De Barros, J.P., Guichard, N., Morel, S., Alcaraz, G., Bollache, L. y Marin, F. 2007. The shell matrix of the freshwater Mussel *Unio pictorum* (Paleoheterodonta, Unionoida). Involvement of acidic polysaccharides from glycoproteins in Nacre mineralization. *FEBS J.*, (274): 2933–2945.
- Martínez-Lage, A., Rodríguez-Fariña, F., González-Tizón y Méndez, J. 2005. Origin and evolution of *Mytilus* mussel satellite DNAs. *Genome*, 8: 247–256.
- Mercado, L., Schmitt, P., Marshall S. y Arenas, G. 2005. Gill tissues of the Mussel *Mytilus edulis chilensis*: A new source for antimicrobial peptides. *Electronic J. of Biotechnology*, 8(3): 284–290. (<http://www.ejbiotechnology.info>).
- Mi, J., Apraiz, I. y Cristobal, S. 2007. Peroxisomal proteomic approach for protein profiling in blue mussels (*Mytilus edulis*) exposed to crude oil. *Biomarkers*, 12: 47–60.
- Mullis, K. y Faloona, F. 1987. Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase catalysed chain reaction. *Methods Enzymol.*, (55): 335–350.
- Rogers, Y. y Venter, J. 2005. Genomics: massively parallel sequencing. *Nature*, 437: 326–327.
- Saavedra, C. y Bachère, E. 2006. Bivalve genomics. *Aquaculture*, 256: 1–14.
- Tanaka, K., Waki, H., Ido, Y., Akita, S., Yoshida, Y. y Yoshida, T. 1988. Protein and polymer analysis of up to m/z 100,000 by laser ionization time-of-flight mass spectrometry, *Rapid Commun. Mass Spectrom.*, (2): 151–153.
- Van Straalen, N. y Roelofs, D. 2006 *An introduction to ecological genomics*. Oxford University Press, Oxford.
- Villalba, A., Casas, S.M., López M.C. y Carballal, M.J. 2005. Study of the perkinsosis of the carpet shell clam *Tapes decussatus* in Galicia (NW Spain). II. Temporal pattern of disease dynamics and association with clam mortality. *Diseases of Aquatic Organisms*, 65: 257–267.
- Yergey, A.L., Coorssen, J.R., Backlund, P. Jr., Blank P.S., Humphrey, G.A., Zimmerberg, J., Campbell, J.M. y Vestal, M.L. 2002. De novo sequencing of peptides using MALDI/TOF-TOF. *J Am Soc Mass Spectrom.*, (13): 784–791.
- Zhang, Y., Meng, Q., Jiang, T., Wang, H., Xie, L. y Zhang, R. 2003. A novel ferritin subunit involved in shell formation from the pearl oyster (*Pinctada fucata*). *Comp. Biochem. Physiol. B.*, (135): 43–54.
- Zouros, E. 2001. The exceptional mitochondrial DNA system of the mussel family Mytilidae. *Genes Genet. Syst.*, (75): 313–318.

# La patología en moluscos bivalvos: principales problemas y desafíos para la producción de bivalvos en América Latina

**Jorge Cáceres-Martínez**

*Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada  
Baja California, México  
E-mail: jcaceres@cicese.mx*

**Rebeca Vásquez-Yeomans**

*Instituto de Sanidad Acuícola, A.C.  
Ensenada, Baja California, México*

Cáceres-Martínez, J. y Vásquez-Yeomans, R. 2008. La patología en moluscos bivalvos: principales problemas y desafíos para la producción de bivalvos en América Latina. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20-24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO *Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 327-337.

## RESUMEN

Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), continúa creciendo la contribución de la acuicultura al suministro mundial de alimentos. Este crecimiento sigue siendo más rápido que el logrado en cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal. Entre los grupos de especies que se cultivan, los moluscos contribuyen con el 23 por ciento. En 2002 los moluscos alcanzaron un máximo de producción de 12 millones de toneladas y la tendencia es a seguir aumentando. En América Latina se cultivan valiosas especies de moluscos bivalvos tales como el ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* y el mejillón azul *Mytilus galloprovincialis*, así como varias especies de moluscos bivalvos nativos entre los que destacan, el ostión Americano *Crassotrea virginica*, la ostra perlera *Pinctada mazatlanica*, el ostión del norte *Argopecten purpuratus* y el chorito *Mytilus chilensis*. Además, existe un sinnúmero de especies con potencial de cultivo. Con la diversificación de los cultivos, el aumento en la demanda y la globalización de la producción se han acentuado los riesgos de dispersión de agentes patógenos. Entre éstos agentes, están *Perkinsus marinus*, *Perkinsus olseni*, *Haplosporidium nelsoni*, *Marteilia refringens*, *Bonamia exitiosa*, *Bonomia ostreae* y *Mikrocytos mackini*, mismos que han sido ampliamente estudiados en países desarrollados y enlistados por la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). En el caso de América Latina, se han detectado ya algunos de ellos tales como, *P. marinus* en *C. virginica* y *P. olseni* en *Pitar rostrata*; *Bonamia* sp. en *Tiostrea chilensis* y *Ostrea puelchana*; sin embargo, se conoce muy poco de su efecto en la producción. Ante este escenario, se requiere de impulsar el estudio de

los patógenos y problemas sanitarios que afectan a los moluscos bivalvos en América Latina y así, establecer los mapas sanitarios y medidas de control apoyados en una red Latinoamericana de laboratorios de investigación y diagnóstico.

### ABSTRACT

According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the contribution of aquaculture to the world food supply continues to grow. This growth is faster than any other growth achieved by other animal food industries. Amongst the groups of cultured species, bivalves contribute to almost 23 percent of the global production. In 2002, mollusc production reached 12 million tonnes and since then this figure has continued to increase. In Latin America, several valuable species of bivalve molluscs such as the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, and the blue mussel, *Mytilus galloprovincialis*, are cultured. Moreover, several native species such as the American oyster, *Crassostrea virginica*, the pearl oyster, *Pinctada mazatlanica*, the north oyster, *Argopecten purpuratus*, and the chorito, *Mytilus chilensis*, are also cultured. Additionally, there are other native species with culture potential. Aquaculture diversification, increased food demand and economic globalization have amplified the risk for pathogens dispersion. Among these pathogens are: *Perkinsus marinus*, *Perkinsus olseni*, *Haplosporidium nelsoni*, *Marteilia refringens*, *Bonamia exitiosa*, *Bonamia ostreae* and *Mikrocitos mackini*, which have been widely studied in developed countries and enlisted by the World Organization of Animal Health (OIE). In Latin America, some of those pathogens have also been detected including *P. marinus* in *C. virginica* and *P. olseni* in *Pitar rostrata*, *Bonamia* sp. in *Tiostrea chilensis* and *Ostrea puelchana*. However, there is little information on their effect on production. In this scenario, it is necessary to trigger studies related to pathologies and health problems that affect bivalve molluscs in Latin America in order to establish sanitary maps and to develop management measures for control. This would be sustained by a Latin American network of laboratories for research and diagnostic.

### INTRODUCCIÓN

Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), continúa creciendo la contribución de la acuicultura al suministro mundial de pescado, crustáceos y moluscos, ya que aumentó del 3.9 por ciento de la producción total en peso en 1970 al 29.9 por ciento en 2002. Este crecimiento sigue siendo más rápido que el logrado en cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal. En todo el mundo, la tasa media de crecimiento de este sector ha sido del 8.9 por ciento al año desde 1970, mientras que, durante el mismo período, la pesca de captura ha crecido solamente a razón del 1.2 por ciento y los sistemas de producción de carne de cría en tierra, un 2.8 por ciento. El aumento de la producción de la acuicultura ha sido muy superior al crecimiento demográfico, puesto que su suministro medio mundial per cápita ha crecido de 0.7 kg en 1970 a 6.4 kg en 2002, es decir, a una tasa media anual del 7.2 por ciento.

Entre los grupos de especies que se cultivan, los moluscos contribuyen con el 22.93 por ciento. En 2002 los moluscos alcanzaron un máximo de producción de casi 12 millones de Toneladas y la tendencia es a seguir aumentando. En el Continente Americano se cultiva valiosas especies de moluscos bivalvos tales como el ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*, el ostión Americano *Crassostrea virginica*, la ostra Chilena *Ostrea chilensis*, diversas especies de mejillón como el mejillón azul *Mytilus galloprovincialis*, el mejillón verde *Perna perna*, los mejillones Chilenos *Mytilus chilensis* y *Choromytilus chorus*; pectínidos como la almeja mano de león, *Lyopecten subnodosus*, la almeja catarina *Argopecten ventricosus*, el ostión del norte *Argopecten purpuratus* y una gran variedad de especies de moluscos bivalvos nativos. La diversificación de los cultivos,

el aumento en la demanda y la globalización de la producción, hacen insoslayable la atención a los retos sanitarios que este sector enfrenta.

### Enfermedades de moluscos bivalvos

De acuerdo con la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE), durante las décadas pasadas, la producción mundial de moluscos se ha visto adversamente afectada por numerosas enfermedades y debido a su severo impacto en el desarrollo económico y socioeconómico en muchos países, algunas de estas enfermedades se han convertido en una restricción primaria para el desarrollo y la sustentabilidad del cultivo de moluscos. La transferencia de agentes infecciosos vía el transporte de moluscos vivos, ha sido la principal causa de brotes de enfermedades y epizootias. La dinámica de libre comercio actual y el legítimo deseo de los países de buscar nuevas alternativas para producción de alimento y generación de desarrollo económico y social en el corto plazo, hacen que se pasen por alto factores sanitarios esenciales que, de no considerarse en su justo contexto, pueden hacer fracasar los cultivos de moluscos. Entre estos factores está el conocer la condición sanitaria de los moluscos bivalvos que deseamos transferir, cuáles problemas sanitarios les afectan, qué riesgo hay que esos problemas se transfieran a moluscos bivalvos de la zona receptora y, qué problemas sanitarios propios de los moluscos bivalvos de la zona receptora pueden afectar al molusco bivalvo transferido.

El conocimiento de ésta información da una mayor garantía de éxito en una empresa acuícola, ayuda a proteger la biodiversidad de moluscos y otras especies en el ambiente y protege al consumidor. La experiencia, que en materia sanitaria, han desarrollado algunos de los países líderes en la producción de moluscos y otros organismos acuáticos a nivel mundial ha permitido contar con lineamientos relativamente precisos para evitar la transferencia de enfermedades, mismos que se han agrupado en el Código Sanitario para los Animales Acuáticos y en el Manual de Pruebas de Diagnóstico para los Animales Acuáticos de la OIE. Adicionalmente, muchos países han desarrollado lineamientos sanitarios propios que vienen a fortalecer las medidas para evitar la transferencia de enfermedades. La mayor información científica sobre los agentes patógenos de moluscos bivalvos que conocemos, se refiere fundamentalmente, a las especies mayormente cultivadas y dispersadas alrededor del mundo o nativas de países desarrollados, tales como *C. gigas*, *C. virginica*, *Ostrea edulis*, *Mytilus edulis*, *M. galloprovincialis*, *Ruditapes philippinarum*, *Saccostrea glomerata*, entre otras. Esta información ha permitido caracterizar a las enfermedades más importantes de moluscos bivalvos que conocemos hasta ahora, como son la Perkinsiosis, Marteiliosis, Haplosporidiosis, Mickrocytosis y Bonamiosis. Algunas de las especies de parásitos que causan estas enfermedades han sido listadas por la OIE para su control a nivel mundial, en este caso tenemos a *Bonamia ostreae*, *Bonamia exitiosa*, *Haplosporidium nelsoni*, *Marteilia refringens*, *Mikrocytos mackini*, *Perkinsus marinus* y *Perkinsus olseni*.

### Organización sanitaria a nivel mundial

La necesidad de combatir las enfermedades de los animales a nivel mundial constituyó el motivo por el cual se creó la Oficina Internacional de Epizootias gracias al Acuerdo internacional firmado el 25 de Enero de 1924. En mayo de 2003, la Oficina se convirtió en la Organización Mundial de Sanidad Animal, pero conserva su acrónimo histórico OIE. La OIE es la organización intergubernamental encargada de mejorar la sanidad animal en el mundo. Sus lineamientos se basan estrictamente en el conocimiento científico que se va generando sobre las enfermedades que afectan, en este caso a los moluscos bivalvos a nivel mundial, y en grupos de científicos expertos que proponen estrategias para combatir dichas enfermedades. Adicionalmente, cuenta con laboratorios de referencia y centros colaboradores en donde se aplican las técnicas probadas para el diagnóstico confiable de

las enfermedades enlistadas. Estos laboratorios autorizados por la OIE, se encuentran en Europa o Estados Unidos de América para el caso de moluscos bivalvos.

Recientemente, en noviembre del 2006, se creó el Grupo Interamericano Técnico de Trabajo en Moluscos de la OIE, que agrupa a 7 expertos en patología de moluscos bivalvos de Canadá, Estados Unidos de América, México, Panamá, Chile y Argentina, con el objetivo de determinar si deben recomendarse medidas regionales de control de enfermedades con el propósito de proteger la salud de los moluscos. Tales medidas de control pueden ser requeridas para enfermedades que no se reportan a la OIE debido a que no cumplen los criterios establecidos para un reporte internacional. Sin embargo, puede haber enfermedades de moluscos de interés que puedan ser manejadas sobre una base regional para prevenir su introducción en la Región Interamericana o para prevenir su movimiento dentro de la Región Interamericana. El funcionamiento de esta iniciativa y su éxito, dependen de la investigación científica que sobre enfermedades de moluscos bivalvos cultivados o con potencial de cultivo se realice en la región y en particular en América Latina. En este sentido, es indispensable tomar acciones específicas para solventar la escasez de información sobre patología de moluscos bivalvos de América Latina y así contribuir a lograr la sustentabilidad de la actividad para superación de la pobreza y la seguridad alimentaria.

### **Enfermedades de moluscos bivalvos en América**

Del listado de enfermedades de la OIE para los moluscos bivalvos, en América se ha detectado la infección por *Perkinsus marinus* en el ostión Americano, *Crassostrea virginica*, en la costa Este de los Estados Unidos de América y Golfo de México desde Maine, Estados Unidos de América hasta Tabasco, México (Ford, 1996; Burreson *et al.*, 1994; Román-Magaña, 2002). Por otro lado, en el Virginia Institute of Marine Science (2007) de Estados Unidos de América, se menciona que también se ha encontrado en Venezuela, Puerto Rico, Cuba y Brasil; sin embargo, estos registros deben ser confirmados. Otra de las infecciones listadas por la OIE es la infección por *Mikrocytos mackini*, que afecta al ostión del Pacífico, *Crassostrea gigas*, en la costa Oeste de Canadá y Estados Unidos de América (Bower, 1988; Bower, 2005; Bower *et al.*, 1997). De acuerdo con Bower (2006), se ha encontrado un parásito similar a *Marteilia* sp. en *Argopecten gibbus* de Florida, Estados Unidos de América; mientras que, *Haplosporidium nelsoni*, se ha encontrado infectando a *Crassostrea virginica* en la costa Este de Estados Unidos de América y a *Crassostrea gigas* en California y Washington, costa Oeste de Estados Unidos de América (Burreson y Ford, 2004). También, se ha detectado la infección por *Bonamia ostreae* en *Ostrea edulis* cultivado en British Columbia, Canadá (Marty *et al.*, 2006) así como en California y Washington en la costa Oeste y Maine en la Costa Este de Estados Unidos de América (Bower, 2007).

### **Enfermedades de moluscos bivalvos en América Latina**

Los registros de agentes infecciosos listados por la OIE en América Latina, se limitan a los registros de *Perkinsus marinus* mencionados anteriormente. Adicionalmente se han encontrado parásitos similares a *Bonamia*, en la ostra Chilena, *Tiostrea chilensis* en Chile y *Ostrea puelchana* en Argentina (Kern 1993; Campalans *et al.*, 2000; Kroek y Montes, 2005), sin que se haya determinado su identidad específica. También se han registrado microcélulas de haplosporidio en *T. chilensis* en Chile (Campalans *et al.*, 2000) cuya identidad específica tampoco ha sido establecida. El hecho de que la gran mayoría de los registros de agentes infecciosos listados por la OIE se limiten a Estados Unidos, no necesariamente se debe a una razón de distribución zoogeográfica natural del parásito y el hospedero o a la entrada de especies exóticas a ese País, también se debe al simple hecho de que no hay estudios al respecto en América Latina.

El retraso científico que lamentablemente padecemos, también se ve reflejado en los escasos estudios de parásitos y enfermedades de moluscos bivalvos. Es claro que en

América Latina, faltan recursos humanos especializados en enfermedades de moluscos, que apenas existen laboratorios de diagnóstico especializados y reconocidos y que difícilmente se consideran los problemas de enfermedades que se pueden presentar al inicio de un proyecto de acuacultura de moluscos. En el Cuadro 1 se presenta un listado de registros de parásitos de moluscos bivalvos en América Latina. La mayoría de los estudios listados se refieren a descripciones sobre la presencia de ciertos parásitos, llevados a cabo con un gran esfuerzo individual de los investigadores de acuerdo a sus intereses particulares y con la mejor intención de dar a conocer la importancia de sus estudios. Sin embargo, difícilmente hay estudios continuos sobre un parásito en particular, su patogénesis, su epizootiología, los mecanismos de defensa del hospedero, la acción del parásito a nivel celular o diseño de técnicas inmunológicas o moleculares de detección, su impacto en la producción, medidas sanitarias para su control, etc.

CUADRO 1

**Registro de parásitos en moluscos bivalvos de importancia económica en América Latina**

Hospedero	Parásito o simbionte	Distribución	Efecto	Referencias
<i>Tiostrea chilensis</i>	Neoplasia hemocítica	Sur de Chile	Infiltración hemocítica y reemplazo celular	Mix y Breese, 1980; Rojas et al., 1999; Campalans et al., 2000
<i>Crassostrea gigas</i>	Hipertrofia gametocítica viral Virus Tipo <i>Papillomavirus</i>	Noroeste de México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2001
<i>C. gigas</i>	Herpesvirus del ostión OsHV	Baja California, Sonora, Sinaloa, México	Asociado a mortalidades de juveniles	Vásquez-Yeomans et al., 2004; Vásquez-Yeomans, 2006
<i>Crassostrea corteziensis, Mytilus californianus, Mytilus galloprovincialis, Mytilus edulis, Aulacomya atra, Ostrea puelchana, Chione fluctifraga, Pitar rostrata, Argopecten purpuratus, Aequipecten tehuelchus</i>	Inclusiones tipo Rickettsia o Chlamydia	Baja California, Sonora, Nayarit, México, Uruguay. Bahía Tongoy, Chile. Provincia Chubut, Argentina	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2001, 2007; Lohrmann et al., 2002; Cáceres-Martínez, 2004; Cremonte et al., 2005a; Cremonte et al., 2005b
<i>Crassostrea virginica</i>	<i>Perkinsus marinus</i>	Golfo de México	Asociado a mortalidades	Burreson et al., 1994; Román-Magaña, 2002
<i>P. rostrata</i>	<i>Perkinsus olseni</i>	Uruguay	Asociado a severas infiltraciones hemocíticas	Cremonte et al., 2005b
<i>T. chilensis</i> <i>O. puelchana</i>	<i>Bonamia</i> sp.	Chile. Provincia de Río Negro, Argentina	Posiblemente asociado a mortalidades	Kern, 1993; Campalans et al., 2000; Kroek y Montes, 2005
<i>T. chilensis</i>	Microcélulas de Haplosporidio	Chile	?	Campalans et al., 2000
<i>C. gigas, C. corteziensis</i>	Ciliados tipo <i>Ancistrocoma</i>	Noroeste de México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans 2001, 2007.
<i>C. gigas, C. corteziensis, Nodipecten subnodosus, Mesodesma mactroides, A. purpuratus, Tagelus plebeius, A. tehuelchus</i>	Ciliados tipo <i>Trichodina</i>	Noroeste de México. Bahía de Tongoy, Chile. Provincia de Chubut, Provincia de Buenos Aires, Argentina	Por lo general no asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2001; Lohrmann et al., 2002; Cremonte y Figueras, 2004; Fiori et al., 2004; Cáceres-Martínez, 2006; Vázquez et al., 2006
<i>M. mactroides</i>	Gregarinas	Provincia de Buenos Aires, Argentina	No asociada a mortalidades	Cremonte y Figueras, 2004
<i>C. Corteziensis, M. Californianus, M. galloprovincialis, C. fluctifraga, P. rostrata, A. tehuelchus, Pododesmus rudis</i>	Gregarinas tipo <i>Nematopsis</i>	Baja California, Sonora, Nayarit, México, Uruguay. Provincia Chubut, Argentina	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2001; Cáceres-Martínez, 2004; Cremonte et al., 2005a; Cremonte et al., 2005b

**CUADRO 1**  
(continuación)

Hospedero	Parásito o simbionte	Distribución	Efecto	Referencias
<i>M. mactroides</i>	Coccidos	Provincia de Buenos Aires, Argentina	Por lo general no asociado a mortalidades	Cremonte y Figueras, 2004; Fiori et al., 2004
<i>C. gigas</i> , <i>C.virginica</i> , <i>C. corteziensis</i> , <i>A. purpuratus</i> , <i>A. ventricosus</i> , <i>N. subnodosus</i> , <i>C. fluctifraga</i> , <i>O. chilensis</i> , <i>Choromytilus chorus</i> , <i>Mesodesma donacium</i>	Gusano perforador <i>Polydora</i> sp. <i>Dypolydora giardi</i> , <i>Dodecaceria choromyticola</i> , <i>Polydora bioccipitalis</i> , <i>Polydora ricketsi</i>	México. Chile	No asociado a mortalidades	Carrasco, 1977; Rozbacylo et al., 1980; Blake, 1983; Oliva et al., 1986; Basilio et al., 1995; Cáceres-Martínez et al., 1998a; Cáceres-Martínez et al., 1999; Sato-Okoshi y Takatsuka, 2001; Tinoco-Orta y Cáceres-Martínez, 2003; Cáceres-Martínez, 2003
<i>C. gigas</i> , <i>C. corteziensis</i> , <i>M. californianus</i> , <i>M. galloprovincialis</i> , <i>C. fluctifraga</i> , <i>N. subnodosus</i> , <i>P. rostrata</i> , <i>Protothaca antiqua</i>	Trematodos	Noroeste de México. Uruguay. Provincia de Chubut, Argentina	Por lo general no asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 1999, 2001, 2007; Cremonte et al., 2005a; Cremonte et al., 2005b
<i>Amiantis purpurata</i> <i>T. plebeius</i> , <i>P. antiqua</i>	Digeneos: Monorchidae Fellodistomidae Gymnophallidae	Provincia de Buenos Aires y Provincia de Chubut, Argentina	No asociado a mortalidades	Cremonte et al., 2001; Vázquez et al., 2006; Cremonte et al., 2005a
<i>A. ventricosus</i> , <i>N. subnodosus</i> , <i>T. plebeius</i>	Nematodos <i>Echinocephalus</i> sp. <i>Spirurina</i>	Baja California Sur, México. Provincia de Buenos Aires, Argentina	No asociado a mortalidades	Gómez del Prado, 1982; Vázquez et al., 2006
<i>A. ventricosus</i> , <i>A. purpuratus</i> <i>A. tehuelchus</i> , <i>P. antiqua</i>	Céstodos Oncobothriidae? Phillobotriinae? Tetraphyilidea, <i>Rhinebothrium</i> sp.	Norte de Chile. Baja California Sur, México. Provincia de Chubut, Argentina	No asociado a mortalidades	Oliva, 1986; Garduño, 1999; Cremonte et al., 2005a, Oliva y Sánchez, 2005
<i>C. corteziensis</i> , <i>N. subnodosus</i> , <i>Argopecten ventricosus</i> , <i>M. mactroides</i>	Planarias Hypotrichinidae	Baja California Sur, Nayarit, México. Provincia de Buenos Aires, Argentina	No asociado a mortalidades	Garduño, 1999; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2001, 2007; Cremonte y Figueras, 2004
<i>M. galloprovincialis</i> , <i>M. californianus</i>	Planaria <i>Urastoma cyprinæ</i>	Baja California, México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez et al., 1996a, 1998b; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 1999
<i>M. galloprovincialis</i> , <i>M. californianus</i> , <i>C. fluctifraga</i> , <i>A. ventricosus</i>	Copépodo <i>Pseudomyicola spinosus</i>	Noroeste de México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez et al., 1996b; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 1997, 1999; Garduño, 1999; Olivares-Valdez y Cáceres-Martínez, 2002; Cáceres-Martínez, 2004
<i>M. galloprovincialis</i> , <i>M. californianus</i>	Copépodo <i>Modiolicola gracilis</i>	Baja California, México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez et al., 1996b; Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 1997, 1999
<i>Tivella stultorum</i>	Copépodo <i>Herrmanella tivelae</i>	Baja California, México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez et al., 1998c
<i>M. galloprovincialis</i>	Ácaros <i>Copidognathus</i> sp. <i>Hyadesia</i> sp.	Baja California, México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez et al., 2000
<i>A. atra</i>	Isópodo <i>Edotea magellanica</i>	Provincia de Chubut, Argentina	No asociado a mortalidades	Cremonte et al., 2005a
<i>M. californianus</i>	Cangrejo chícharo <i>Fabia subquadrata</i>	Baja California, México	No asociado a mortalidades	Salas, et al., 1989
<i>A. ventricosus</i> , <i>A. atra</i>	Cangrejo chícharo <i>Tumidotheres margarita</i> , <i>T. maculatus</i>	Baja California Sur, México. Provincia de Chubut, Argentina	No asociado a mortalidades	Garduño, 1999; Cremonte et al., 2005a
<i>Panopea generosa</i>	Cangrejo chícharo Pinnotheridae	Baja California, México	No asociado a mortalidades	Cáceres-Martínez y Vásquez-Yeomans, 2007

Es claro que la inversión en este tipo de estudios, continuos y detallados en América Latina, en donde las prioridades para la inversión gubernamental son la salud, la educación, el combate al narcotráfico, la inversión pública, el combate a la corrupción, etc., se deja en manos de Países desarrollados. Lamentablemente esta visión limitada y de corto plazo nos condena a no saber nada de nuestros recursos naturales nativos; en este caso en particular, de nuestros moluscos bivalvos nativos, y mucho menos poder explotarlos sustentablemente para producir alimento y generar riqueza que, paradójicamente, es lo que buscan los políticos de manera inmediata. El éxito de un cultivo de moluscos no se logra por decreto o por importar a ciegas una tecnología de cultivo de un País desarrollado, éste se logra a partir del conocimiento científico sistemático que permita desarrollar una tecnología de cultivo propia o incorporar exitosamente una tecnología ya desarrollada. En este sentido, la conciencia sobre mantener como una parte integral de esa tecnología propia o adaptada, a la sanidad acuícola, debe ser fomentada a todos los niveles: productores, empresarios, científicos, administradores y políticos. Como hemos visto, la escasez de información no solo es importante respecto a nuestros moluscos bivalvos nativos y sus enfermedades, lo es de igual manera respecto al conocimiento de las enfermedades de moluscos exóticos que pretendemos introducir bajo la esperanza de apropiarnos de conocimientos y tecnología ya probada en otros Países, por lo general desarrollados. En este sentido, es necesario que en América Latina se establezcan redes de investigación en patología de moluscos bivalvos y servicios sanitarios que mantengan a la producción de moluscos bivalvos libre de enfermedades. Solo a través de la investigación científica y la organización en esta materia, se podrá lograr una acuacultura de moluscos sustentable basada en cuatro principios: organismo sano, ambiente sano, producto inocuo para el consumo humano y empresa sana.

### **Red Latinoamericana de Sanidad de Moluscos (RELSAM)**

La enorme riqueza en biodiversidad de moluscos bivalvos de importancia cultural y comercial en América Latina, nos brinda una gran oportunidad de desarrollar cultivos con tecnologías modernas y productivas. Sin embargo, es imprescindible conocer qué enfermedades les afectan y lograr un control de las mismas. Para tal efecto se requiere establecer las enfermedades que afectan a las especies que se pretende cultivar, clasificarlas de acuerdo a su potencial de riesgo, establecer mapas de distribución de las mismas (mapas sanitarios) y en su caso, establecer las medidas de control recomendadas por la propia OIE, la legislación Nacional y/o aquellas que definen de manera específica. Desde luego este proceso es largo y requiere de financiamiento para realizar la investigación científica necesaria por científicos calificados, infraestructura para la investigación y apoyo técnico.

Es necesario que la visión política de desarrollo e inversión gubernamental, esté convencida que son fundamentales este tipo de inversiones de mediano plazo para llegar a la meta de producción de alimento y generación de riqueza en un marco de sustentabilidad. Por lo que, a través de la FAO podría instarse a los Países miembros a comprometer recursos destinados a la investigación científica y desarrollo para el cultivo de moluscos bivalvos en general y para el estudio de sus enfermedades y control, en lo particular. Por otro lado, la cooperación Latinoamericana a través de redes que pudieran estar auspiciadas directamente por la FAO vendría a cumplir uno de los compromisos establecido en el plan de trabajo del taller regional. Por tal motivo se propone la creación de la Red Latinoamericana de Sanidad de Moluscos (RELSAM) que podría tener como objetivos:

1. Fomentar las investigaciones en esta materia de manera coordinada a través del establecimiento de prioridades establecidas por los Países miembros y de esta manera contribuir a determinar el estado actual de la situación sanitaria de los moluscos en América Latina y del conocimiento de las enfermedades de moluscos consideradas por la OIE.

2. Intercambiar los conocimientos y experiencias de los países participantes, del sector privado, público, universidades, centros de investigación, productores en el tema de las enfermedades de los moluscos, así como con la propia OIE.
3. Establecer líneas de acción conjunta para minimizar la introducción y dispersión de los agentes patógenos en América Latina.
4. Diseñar y establecer programas de capacitación a nivel especializado, técnico y de productor para enfrentar los problemas sanitarios del cultivo de moluscos bivalvos.
5. Instar a los países miembros a crear laboratorios de referencia y de diagnóstico calificados y homologados a los estándares de la OIE.

## CONCLUSIONES

Los conocimientos sobre enfermedades de moluscos cultivados en América Latina son escasos, a pesar de que éstas, son uno de los principales cuellos de botella para la consolidación del cultivo y por tanto, para la producción de alimentos y riqueza.

No se cuenta con suficientes recursos humanos especializados en patología de moluscos bivalvos que permitan enfrentar los retos de investigación y servicio de diagnóstico calificado imprescindible para el desarrollo del cultivo de moluscos.

Es necesario fomentar la inversión en ciencia y tecnología en materia de patología acuícola que permita aprovechar la enorme biodiversidad de moluscos bivalvos de importancia alimenticia y económica de América Latina.

Se propone la creación de la RELSAM como una estrategia para enfrentar los problemas descritos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Basilio, C.D., Cañete, J.I. y Rozbaczylo, N.** 1995. *Polydora* sp. (Spionidae), un poliqueto perforador de las valvas del ostión *Argopecten purpuratus* (Bivalvia: Pectinidae) en Bahía Tongoy, Chile. *Revista de Biología Marina*, (30): 71–77.
- Blake, J.A.** 1983. Polychaetes of the family Spionidae from South America, Antarctica, and adjacent seas and islands. Biology of the Antarctic Seas XIV. *Antarctic Research Series*, (39): 205–288.
- Bower, S.M.** 1988. Circumvention of mortalities caused by Denman Island Oyster Disease during mariculture of Pacific Oysters. *American Fisheries Society Special Publication*, (18): 246–248.
- Bower, S.M.** 2005. *Mikrocytos mackini* (microcell). En: K. Rohde, ed. *Marine Parasitology*, págs. 34–37. Collingwood, CSIRO Publishing.
- Bower, S.M.** 2006. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: Marteiliosis (Aber Disease) of Oysters. URL: [http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/shelldis/pages/madoy\\_e.htm](http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/shelldis/pages/madoy_e.htm).
- Bower, S.M.** 2007. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: *Bonamia ostreae* of Oysters. URL: [http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/shelldis/pages/bonostoy\\_e.htm](http://www-sci.pac.dfo-mpo.gc.ca/shelldis/pages/bonostoy_e.htm).
- Bower, S.M., Hervio, D. y Meyer, G.R.** 1997. Infectivity of *Mikrocytos mackini*, the causative agent of Denman Island disease in Pacific oysters *Crassostrea gigas*, to various species of oysters. *Dis. Aquat. Org.*, (29): 111–116.
- Burreson, E.M. y Ford, S.E.** 2004. A review of recent information on the Haplosporidia, with special reference to *Haplosporidium nelsoni* (MSX disease). *Aquat. Living Resour.*, (17): 499–518.
- Burreson, E.M., Alvarez, R.S., Martínez, V.V. y Macedo, L.A.** 1994. *Perkinsus marinus* (Apicomplexa) as a potential source of oyster *Crassostrea virginica* mortality in coastal lagoons of Tabasco, Mexico. *Dis. Aquat. Org.*, (20): 77–82.
- Cáceres-Martínez, J.** 2003. Gusanos perforadores de los géneros *Polydora* y *Broccardia* y su impacto en el cultivo de moluscos. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnóstico, UAM-SAGARPA*, (4): 1–6.

- Cáceres-Martínez, J. 2004. Informe Anual del Programa Nacional de Sanidad Acuícola. Sistema en Red de Diagnóstico y Prevención de Enfermedades de Organismos Acuáticos a Nivel Nacional. UAM-SAGARPA.
- Cáceres-Martínez, J. 2006. Informe Anual del Programa Nacional de Sanidad Acuícola. Sistema en Red de Diagnóstico y Prevención de Enfermedades de Organismos Acuáticos a Nivel Nacional. UAM-SAGARPA.
- Cáceres-Martínez, J. y Vásquez-Yeomans, R. 1997. Presence and Histopathological Effects of the Copepod *Pseudomyicola spinosus* in *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus californianus*. *J. Invertebr. Pathol.*, (70): 150–155.
- Cáceres-Martínez, J. y Vásquez-Yeomans, R. 1999. Metazoan parasites and pearls in coexisting mussel species: *Mytilus californianus*, *Mytilus galloprovincialis* and *Septifer bifurcatus*, from an exposed rocky shore in Baja California, NW México. *The Veliger*, (42): 10–16.
- Cáceres-Martínez, J. y Vásquez-Yeomans, R. 2001. Manual de enfermedades de moluscos. *Boletín del Programa Nacional de Sanidad Acuícola y la Red de Diagnóstico, UAM-SAGARPA*, (4): 1–10.
- Cáceres-Martínez, J. y Vásquez-Yeomans, R. 2007. Review of parasites in bivalve mollusks from México. In preparation.
- Cáceres-Martínez, J., Vásquez-Yeomans, R. y Sluys, R. 1996a. *Urastoma cyprinae* in natural and cultured mussel (*Mytilus galloprovincialis*) populations in México. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.*, (16): 200–202.
- Cáceres-Martínez, J., Vásquez-Yeomans, R. y Suárez-Morales, E. 1996b. Two parasitic copepods, *Pseudomyicola spinosus* and *Modiolicola gracilis* associated with edible mussels, *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus californianus* from Baja California NW México. *J. Shellfish Res.*, (15): 45–49.
- Cáceres-Martínez, J., Macías-Montes de Oca, P. y Vásquez-Yeomans, R. 1998a. *Polydora* sp. infestation and health in the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* cultured in Baja California, NW México. *J. Shellfish Res.*, (171): 259–264.
- Cáceres-Martínez, J., Vásquez-Yeomans, R. y Sluys, R. 1998b. The turbellarian *Urastoma cyprinae* (Platyhelminthes: Urastomidae) associated with natural and commercial populations of *Mytilus galloprovincialis* and *Mytilus californianus* from Baja California, NW México. *J. Invertebr. Pathol.*, (72): 214–219.
- Cáceres-Martínez, J., Macías-Montes de Oca, P., Unzueta-Bustamante, M.L., Vásquez-Yeomans, R. y Suárez-Morales, E. 1998c. *Herrmannella tivelae* L. (Crustacea: Copepoda) asociado a la almeja Pismo, *Tivela stultorum* en Baja California, México. *Anales del Inst. Biol. UNAM.*, (69): 155–164.
- Cáceres-Martínez, J., Tinoco, G.D. y Unzueta-Bustamante, M.L. 1999. Relationship between the polychaete worm *Polydora* sp. and the Black clam *Chione fluctifraga* Sowerby. *J. Shellfish Res.*, (18): 85–89.
- Cáceres-Martínez, J., Vásquez-Yeomans, R., Guerrero-Rentería, Y., Curiel-Ramírez, G.S., Olivas-Valdés, J.A. y Rivas, G. 2000. The marine mites *Hyadesia* sp. and *Copidognathus* sp. associated to the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *J. Invertebr. Pathol.*, (76): 216–221.
- Campalans, M., Rojas, P. y Gonzalez, M. 2000. Haemocytic parasitosis in the farmed oyster *Tiostrea chilensis*. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.*, (20): 31–33.
- Carrasco, F.D. 1977. *Dodecaceria choromyticola* sp. (Annelida, Polychaeta, Cirratulidae) perforador de *Choromytilus chorus* (Mytilidae). *Boletín de la Sociedad de Biología de Concepción (Chile)*, (51): 63–66.
- Cremonte, F. y Figueras, A. 2004. Parasites as possible cause of mass mortalities of the critically endangered clam *Mesodesma mactroides* on the Atlantic coast of Argentina. *Bull. Eur. Ass. Fish. Pathol.*, (24): 166–171.
- Cremonte, F., Kroeck, M.A. y Martorelli, S.R. 2001. A new monorchiid (Digenea) cercaria parasitising the purple clam *Amiantos purpurata* (Veneridae) from the Southwest Atlantic Ocean, with notes on its gonadal effect. *Folia Parasit.*, (48): 217–223.

- Cremonete, F., Figueras, A. y Burreson, E.M.** 2005a. A histopathological survey of some commercially exploited bivalve molluscs in northern Patagonia, Argentina. *Aquaculture.*, (249): 23–33.
- Cremonete, F., Balseiro, P. y Figueras, A.** 2005b. Occurrence of *Perkinsus olseni* (Protozoo: Apicomplexa) and other parasites in the venerid commercial clam *Pitar rostrata* from Uruguay (Southwest Atlantic coast). *Dis. Aquat. Org.*, (64): 85–90.
- Fiori, S., Vidal-Martínez, V.M., Simá-Álvarez, R., Rodríguez-Canul, R., Aguirre-Macedo, Ma.L. y Defeo, O.** 2004. Field and laboratory observations of the mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides*, in South America: the case of Isla del Jabalí, Argentina. *J. Shellfish Res.*, (23): 451–455.
- Ford, S.E.** 1996. Range extension by the oyster parasite *Perkinsus marinus* into the northeastern United States: response to climate change? *J. Shellfish Res.*, (15): 45–56.
- Garduño-Méndez, L.** 1999. Simbiontes de la Almeja Catarina, *Argopecten ventricosus* en Baja California Sur, México: Presencia, Histopatología y Control. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. (Tesis de Maestría).
- Gómez del Prado, R.M.** 1982. Hallazgo de una forma larvaria de *Echinocephalus* sp. (Nematoda: Ganthostomidae) en *Argopecten circularis* y *Lyropecten subnodosus* (Mollusca: Lamellibranchia) de la Laguna Ojo de Liebre, Guerrero Negro, B. C. S. *An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool.*, (53): 421–431.
- Kern, F.G.** 1993. Shellfish health inspections of Chilean and Australian oysters. *J. Shellfish Res.*, (12): 366. (Abstract).
- Kroeck, M.A. y Montes, J.** 2005. Occurrence of the haemocyte parasite *Bonamia* sp. in flat oysters *Ostrea puelchana* farmed in San Antonio Bay (Argentina). *Dis. Aquat. Org.*, (63): 231–235.
- Lohrmann, K.B., Brand, A.R. y Feist, S.W.** 2002. Comparison of the parasites and pathogens present in a cultivated and in a wild population of scallops (*Argopecten purpuratus* Lamarck, 1819) in Tongoy Bay, Chile. *J. Shellfish Res.*, (21): 557–561.
- Marty, G.D., Bower, S.M., Clarke, K.R., Meyer, G., Lowe, G., Osborn, A.L., Chow, E.P., Hannah, H., Byrne, S., Sojonky, K. y Robinson, J.H.** 2006. Histopathology and a real-time PCR assay for detection of *Bonamia ostreae* in *Ostrea edulis* cultured in western Canada. *Aquaculture*, (261): 33–42.
- Mix, M.C. y Breese, W.P.** 1980. A cellular proliferative disorder in oysters (*Ostrea chilensis*) from Chiloe, Chile, South America. *J. Invertebr. Pathol.*, (36): 123–124.
- Oliva, M.E. y Sánchez, M.F.** 2005. Metazoan parasites and commensals of the northern Chilean scallop *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) as tools for stock identification. *Fish. Res.*, (71): 71–77.
- Oliva, M.E., Herrera, H., Matulic, J. y Severino, B.** 1986. Parasitismo en el ostión del norte *Chlamys (Argopecten) purpuratus* (Lamarck, 1819). *Parasitología al Día*, (10): 83–86.
- Olivas-Valdés, J. y Cáceres-Martínez, J.** 2002. Infestation of the blue mussel *Mytilus galloprovincialis* by the copepod *Pseudomyicola spinosus* and its relations with size, density and condition index of the host. *J. Invertebr. Pathol.*, (79): 65–71.
- Rojas, P.Z., Campalans, M.B., González, M.A.** 1999. Hemocytic neoplasia in the Chilean oyster (*Tisotrea chilensis*) cultured in the south of Chile. New record. *Invest. Mar., Valparaíso*, (27): 15–18.
- Román-Magaña, M.K.** 2002. Parásitos y simbiontes del ostión Americano, *Crassostrea virginica* en algunas zonas productoras del Golfo de México. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional – Unidad Mérida, México. (Tesis de Maestría).
- Rozbaczylo, N., Schmiede, P. y Sánchez, M.** 1980. *Polydora* sp. (Polychaeta, Spionidae) a parasite of the clam *Mesodesma donacium* (Mollusca, Mesodesmatidae). *Archivos de Biología y Medicina Experimentales*, (13): 105.

- Salas-Garza, A., García-Pámanes, F., García-Pámanes, L. y Oliva de la Peña, A.** 1989. Incidencia de *Fabia subquadrata* (Crustacea: Decapoda: Pinnotheridae), en *Mytilus californianus* (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae), en la costa de Eréndira, Baja California, México. Incidence of *Fabia subquadrata* (Crustacea: Decapoda: Pinnotheridae) in *Mytilus californianus* (Mollusca: Bivalvia: Mytilidae), along the coast of Eréndira, Baja California, México. *Ciencias Marinas*, (15): 29–40.
- Sato-Okoshi, W. y Takatsuka, M.** 2001. *Polydora* and related genera (Polychaeta: Spionidae) around Puerto Montt and Chiloé Island (Chile), with description of a new species of *Dipolydora*. *Bull. Mar. Sci.*, (68): 485–503.
- Tinoco-Orta, G.D. y Cáceres-Martínez, J.** 2003. Infestation of the clam *Chione fluctifraga* by the burrowing worm *Polydora* sp. in laboratory conditions. *J. Invertebr. Pathol.*, (82): 196–205.
- Vásquez-Yeomans, R.** 2006. Agentes patógenos asociados a las mortalidades del ostión Japonés, *Crassostrea gigas*, cultivado en el Noroeste de México. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México. (Tesis de Doctorado).
- Vásquez-Yeomans, R., Cáceres-Martínez, J. y Figueras, A.** 2004. Herpes-like virus associated with eroded gills of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* adults in Mexico. *J. Shellfish Res.*, (23): 417–419.
- Vázquez, N.N., Ituarte, C., Navone, G.T. y Cremonte, F.** 2006. Parasites of the scout razor clam *Tagelus plebeius* (Psammobiidae) on the Argentinean coast, Southwest Atlantic Ocean. *J. Shellfish Res.*, (25): 877–886.
- Virginia Institute of Marine Science.** 2007. Oyster diseases of the Chesapeake Bay – Dermo and MSX Fact Sheet. URL: <http://www.vims.edu/newsmedia/pdfs/oyster-diseases-CB.pdf>.



# Problemáticas y desafíos de la producción de bivalvos de mediana y gran escala en Chile

**Eugenio Yokota-Beuret**

*Granja Marina Chauquear*

*Calbuco, Chile*

*E-mail: granjamarchile@gmail.com*

**Yokota-Beuret, E.** 2008. Problemáticas y desafíos de la producción de bivalvos de mediana y gran escala en Chile. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 339–341.

## RESUMEN

Se discuten las principales fortalezas y debilidades que tiene la acuicultura industrial de bivalvos en Chile. Se proponen soluciones para superar los obstáculos actuales y lograr una acuicultura de moluscos bivalvos del más alto nivel en América Latina, dirigida a los mayores mercados de nivel mundial.

## ABSTRACT

The main strengths and weaknesses of commercial bivalve aquaculture in Chile are discussed. Solutions are proposed to tackle the present obstacles and to ensure the growth of a bivalve aquaculture industry of the highest level in Latin America, directed towards the major world markets.

## INTRODUCCIÓN

La extensa costa del litoral de Chile con sus casi 4 700 km de largo, bañadas por aguas limpias, e influenciadas fuertemente por la corriente de Humboldt, rica en oxígeno y temperaturas frías, hacen de la costa chilena un lugar ideal para el desarrollo de la acuicultura. Sin embargo la necesidad de operar en lugares protegidos del fuerte oleaje, reduce la zona de producción a pequeñas bahías en la zona norte del país, y en la zona sur, en particular en la Región de Los Lagos, en donde se concentra el 95 por ciento de los cultivos de bivalvos.

Existen en la actualidad los siguientes bivalvos en producción de media y gran escala en Chile: 1) el chorito o mejillón chileno (*Mytilus chilensis*); 2) la cholga o mejillón ribeteado (*Aulacomya ater*); 3) el choro zapato o mejillón gigante (*Choromytilus chorus*); 4) la ostra chilena (*Ostrea chilensis*); 5) la ostra del Pacífico (*Crassostrea gigas*); y 6) el ostión del norte o vieira (*Argopecten purpuratus*). Sin embargo, en términos de importancia comercial, el chorito ocupa el primer lugar, seguido del ostión del norte, y en tercer lugar, la ostra del Pacífico.

El cultivo del chorito o mejillón chileno comienza a nivel experimental el año 1967, pero su cultivo a nivel industrial comenzó el año 1979, y recién el año 1990 se inicia la producción de media y gran escala, con 2 100 toneladas; en el año 2000 con 28 000 toneladas; en el año 2006 con 116 000 toneladas y en el año 2007 se espera una producción de 170 000 toneladas. (SERNAPESCA, 2006).

Sin embargo, esta actividad que hoy día representa un valor de \$EE.UU. 75 millones en exportaciones, enfrenta una serie de obstáculos que a continuación se detallan:

- **Reglamentaciones legales excesivas:** El año 1992 se creó la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), en la cual se introducen las denominadas Áreas Aptas para la Acuicultura (AAA) la cuales restringen el uso de la superficie disponible. Posteriormente se crea la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), organismo ambiental que exige la presentación de los proyectos, según su tamaño, para su evaluación y aprobación. Posteriormente se creó el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) el cuál incorpora nuevos análisis y exigencias, tales como el Informativo Ambiental (INFA) en forma anual, y las distancias mínimas para operar para los nuevos proyectos de acuicultura, disminuyendo aun más la superficie cultivable. Una nueva modificación incluye el pago anticipado del sector o área solicitada al inicio del trámite.
- **Largo tiempo de tramitación:** Desde la creación de la LGPA los tiempos de tramitación se han aumentado enormemente por la rigidez del sistema, el largo numero de organismos que participan, y la carencia de un tiempo máximo por organismo, lo que dificulta la entrada en vigencia del proyecto acuícola. Igual situación ocurre en la evaluación ambiental del proyecto, y con los cambios solicitados por el o los titulares al momento de efectuar cambios en los proyectos técnicos tales como cambios de Biomasa, numero de estructuras de cultivo, etc.
- **Exigencias del mercado de destino:** A los centros de cultivos de moluscos que deseen exportar a algunos mercados como la Comunidad Europea, los Estados Unidos de América, y algunos otros países de destino, se les exige el programa de certificación de aguas, denominado Programa de Sanidad de Moluscos Bivalvos (PSMB), el cuál requiere de un monitoreo semanal, con una gran cantidad de análisis, a fin de garantizar la calidad del agua de mar, libre de toxinas, metales pesados, una buena calidad microbiológica, con el inconveniente que el alto coste debe ser asumido íntegramente por el productor. A su vez, las plantas de proceso o factorías, deben tener implementado el programa de aseguramiento de calidad (PAC), basado en el análisis de peligros y control de puntos críticos (HACCP), el cual, en su rigurosos monitoreo, garantiza la inocuidad del alimento durante todo el proceso, la trazabilidad del producto, y su costo también alto debe ser asumido por la empresa procesadora.
- **Problemática de producción:** El abastecimiento de semilla de mejillón se efectúa mediante la captación larval natural, y por ende, no se puede predecir la cantidad para los años futuros, lo que se traduce en un eslabón débil en la cadena de producción. El aumento constante del precio del petróleo en los últimos años, hace encarecer aquellos materiales derivados del petróleo tales como, los cabos sintéticos de poliamida, polietileno o polipropileno, los flotadores plásticos de polietileno o poliestireno expandido y el combustible usado en la operación misma de los centros de cultivos en embarcaciones etc. El valor del dólar americano (\$EE.UU.) ha disminuido fuertemente en Chile, el año 2003 alcanzo valores de \$740 (pesos chilenos), y el año 2007 valores de \$495 (pesos chilenos), es decir una disminución del 33 por ciento en 4 años. Por otra parte, los valores de mano de obra, electricidad, y otros insumos han aumentado significativamente anualmente, lo que traducido a dólares americanos, el costo final del producto ha aumentado considerablemente. Finalmente, la legislación laboral chilena ha sido muy inflexible, rígida y no acorde al mundo laboral actual, al no considerar

las condiciones climáticas, tales como temporales o tempestades, maremotos, las condiciones ambientales, como las mareas rojas, los brotes de *Vibrio parahemolyticus*, y los eventos de fuerza mayor.

- **Problemáticas ambientales:** La definición de las Áreas Apropiadas para la Acuicultura (AAA) no restringe las otras actividades económicas, si no que las comparte, por lo que existe un riesgo de coexistir con actividades industriales que pueden afectar negativamente su desarrollo. Los reglamentos de Plagas con los que se pretende restringir y controlar la operación de áreas con presencia de toxinas o biotoxinas, no incluye las sanciones necesarias para desalentar a los infractores que extraen productos silvestres de áreas cerradas. Por ultimo, la acuicultura intensivas de peces generan algunos efectos que pueden ser considerados negativos tales como la presencia de fecas, y alimento no consumido, que afectan la calidad del fondo marino, así como el uso de pinturas *antifouling*, el transito de barcos de transporte de peces vivos o transporte de redes por áreas con presencia de toxinas.

**Los desafíos** de la industria de la acuicultura de moluscos bivalvos de media y gran escala serán:

- Generar los consensos técnicos con la autoridad acorde con la realidad.
- Con la información obtenida en los Informativos Ambientales (INFA) en los últimos años, generar las conclusiones acerca del bajo impacto de la acuicultura de moluscos bivalvos, y aumentar los intervalos de tiempos entre cada INFA.
- Crear reglamentos ambientales diferenciados por tipo de acuicultura, es decir extensivo e intensivo.
- Reducir los tiempos de tramitación en las diferentes etapas de proceso.

## CONCLUSIONES

1. Chile posee una costa apta para desarrollar la acuicultura en gran escala por sus protegidas aguas interiores, principalmente en la Décima Región al Sur.
2. Posee una adecuada calidad de agua de mar fría y de renovación constante con grandes alturas de marea.
3. Las plantas de proceso han incorporado a sus líneas de proceso, moderna tecnología, lo que les permite la producción de productos de alta calidad sanitaria.
4. La autoridad sanitaria pesquera controla y garantiza un proceso de elaboración adecuado acorde a los más exigentes mercados.

## BIBLIOGRAFÍA

- SERNAPESCA. 2006. *Anuario estadístico de pesca*, 2006. Servicio Nacional Pesca, Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, Santiago, Chile.



# Problemática y desafíos de la producción chilena de moluscos bivalvos en pequeña escala

**Carlos Wurmann-Gotfrit**

*AWARD Ltda*

*Santiago, Chile*

*E-mail: carwur@vtr.net*

**Wurmann-Gotfrit, C.** 2008. Problemática y desafíos de la producción chilena de moluscos bivalvos en pequeña escala. En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura*. No. 12. Roma, FAO. pp. 343–359.

## RESUMEN

Este documento revisa la estructura de la acuicultura de pequeña escala (APE) en Chile, con especial referencia al cultivo de moluscos bivalvos, estableciendo su importancia en términos de empleo, en especial, para zonas remotas y con pocas alternativas de diversificación laboral. A diferencia de lo que ocurre en muchos países, la APE en Chile no se refiere a consumo de subsistencia, sino que a la producción preferentemente dirigida a los mercados internacionales o al consumo interno, después de su venta – principalmente – en «playa». A pesar de que el modelo de desarrollo de la acuicultura chilena se basa en la mediana y gran empresa, altamente racionalizadas, la APE tiene un rol que jugar, que para ser sostenible, precisa de un estatuto que garantice equidad en el acceso y en la operación a sus operadores y el soporte del Estado en actividades de capacitación y otras.

## ABSTRACT

This document reviews small-scale aquaculture activities in Chile, with particular reference to the production of bivalve molluscs in terms of employment, particularly in remote areas with limited work opportunities. Contrary to other countries, small-scale aquaculture production in Chile refers primarily to crops sold mainly at the farm-gate level, and thereafter processed or handled either for local sales or exports, rather than being used for self-consumption. In spite of the fact that aquaculture development in Chile is mainly based on highly competitive medium- and large-scale enterprises, small-scale aquaculture has a role to play, which, to be sustainable, requires adequate legislation guaranteeing equal access and operation opportunities, plus well structured state-supported plans related to training and other activities.

## INTRODUCCIÓN

Tal como se la conoce hoy, la acuicultura comercial en Chile, comienza su desarrollo en los años 1970, con cultivos de trucha arco iris *«pan-size»*, y evoluciona con gran rapidez, al iniciarse la crianza de salmón coho, chinook y posteriormente, salmón del

Atlántico y trucha de mar. Desde la década del 60 y sin mediar grandes logros, también se cultiva moluscos bivalvos en pequeña escala, destacando inicialmente el chorito (mejillón) y la ostra nativa, y posteriormente el ostión del norte. Salvo esta última especie, los cultivos mencionados se concentran particularmente en la X<sup>a</sup> Región del país, con capital Puerto Montt (1 000 kilómetros al sur de Santiago).

Los salmónidos se cultivan en proyectos de mediana y gran escala, mientras hasta fechas recientes los cultivos de chorito y ostra nativa son emprendimientos menores, de carácter artesanal o de pequeña/mediana escala. Los salmónidos se destinan casi exclusivamente al comercio internacional, mientras la ostra nativa, e inicialmente el chorito, son vendidos en el mercado local, con exportaciones menores, especialmente a países vecinos.

El cultivo de moluscos de mediana escala comienza con la ostra del Pacífico en Chile (años de 1980) y con el aumento de la actividad de cultivo del ostión, (Tongoy [IV Región] y Bahía Ingresa y alrededores [III Región]), desde la década de 1990. Sin embargo, hasta hoy, el ostión se cultiva mayoritariamente en proyectos de escala intermedia<sup>1</sup>. Solo desde el final de los años 90s, y con la llegada de empresas españolas a Chiloé, se ponen en marcha grandes cultivos de chorito, que aplican nuevas tecnologías y desarrollan explosivamente las exportaciones, preferentemente a Europa.

Así, conviven actualmente en el sur de Chile cultivos de chorito de pequeña escala con mega-proyectos orientados a la exportación, existiendo dudas sobre la capacidad de sobrevivencia de los primeros a mediano y largo plazo, de no mediar acciones muy estructuradas de su parte y de no disponerse de ayuda del Estado.

A su vez, el cultivo de ostra del Pacífico muestra una tendencia poco prometedora, pues varios productores han ido abandonando paulatinamente esta actividad. En el caso del ostión, y salvo excepciones, los cultivos son de mediana escala Acá, las principales áreas de cultivo protegidas ya están en explotación y sólo el avance tecnológico permitirá ampliarlas abarcando zonas más expuestas, de carácter oceánico. Además hay pocas alternativas de crecimiento que no se basen en mejorar la efectividad productiva o en que los más poderosos vayan absorbiendo a los más débiles, concentrando las cosechas en un número cada vez menor de productores.

En paralelo, surge la posibilidad de realizar acuicultura en las Áreas de Manejo y Explotación de Recursos Bentónicos (AMERB), para garantizar la supervivencia de la pesca costera artesanal, y para facilitar la reconversión del pescador de pequeña escala en acuicultor.

Visto lo anterior, los párrafos siguientes revisan las perspectivas de los cultivos chilenos de molusco en pequeña escala, en especial en lo que se refiere al mejillón, que es el más difundido.

## **ACUICULTURA DE PEQUEÑA ESCALA EN CHILE: ALCANCES Y DEFINICIONES PRELIMINARES**

No existe un consenso de lo que debe llamarse acuicultura de pequeña escala (APE) en Chile y por extensión, en muchos otros países. Sin embargo, aquí se aplica generalmente el concepto intuitivo de un quehacer económico de pequeña monta, adecuado para labores familiares, habitualmente de auto-consumo y para la venta de excedentes en forma independiente o concertada de diversas formas. La APE también se asocia comúnmente a trabajos poco tecnificados, cuyos resultados no permiten progresar y escapar de círculos de marginalidad bastante complejos que tienden a perpetuarse. Por cierto, este ideario se aplica sólo parcialmente al caso chileno, en particular porque aquí, en vez de referirse al auto-consumo, la APE está volcada preferentemente a las ventas ‘en playa’ de la mayor parte de su producción.

<sup>1</sup> Por cierto esos proyectos conviven actualmente con empresas de tamaño mayor, que cada vez han ido ganando más relevancia en la producción de cultivo del ostión.

La acuicultura local dista mucho de estructurarse en base a pequeños o medianos productores, como ha sido el caso de la milenaria acuicultura asiática. Desde los años de 1970 la acuicultura chilena se ha basado en grandes proyectos, con tamaños siempre en aumento, en especial en la salmonicultura, actividad que constituye el eje de esta industria en el país. Así, Chile cuenta hoy con empresas que por su capacidad se encuentran entre las mayores del mundo en el rubro, con cosechas en exceso de 100 000 toneladas anuales.

La Política Nacional de Acuicultura (PNA) (Decreto Supremo 125 del año 2003), pretende generar condiciones de acceso ‘equitativo’ a la actividad, y reconoce que los pequeños productores están en desventaja para poder cumplir formalmente y a costo razonable con los requisitos que impone la normativa vigente. Así, se ha evidenciado la necesidad de desarrollar un «Estatuto de la Acuicultura de Pequeña Escala», como una de las cinco acciones prioritarias de la PNA, donde destacan: a) la creación de dicho estatuto legal para la acuicultura artesanal; b) diseñar o fortalecer instrumentos de fomento que favorezcan la igualdad de oportunidades de ingreso a la actividad, considerando, entre otros, mecanismos que faciliten el acceso a la educación, capacitación e información; y c) fortalecer instancias de apoyo a través de la articulación de instrumentos de sustento técnico, comercial, legal y financiero, que permitan consolidar este subsector.

Así, también ha adquirido urgencia el definir lo que debe denominarse APE en Chile, pues a esta categoría en particular deberá asimilarse dicho estatuto de preferencias y dichas acciones de apoyo. Para estos efectos, y más allá de la formación de una Comisión Nacional de Acuicultura, el Fondo de Investigaciones Pesqueras (FIP) ha encargado estudios para caracterizar y definir a este sector productivo. Estos estudios, citados más adelante, describen la APE en Chile y dentro de ella, la producción de moluscos bivalvos. En ellos se ha aceptado como punto de partida arbitrario a las áreas marinas de hasta 6 hectáreas por concesión, excluyendo cultivos de salmónidos y abalones (asociados a la mediana o gran empresa). Se incluyen también las organizaciones sociales, sin hacer cuestión del tamaño de sus concesiones colectivas, y finalmente, se incorporan «pequeños» cultivadores de trucha en agua dulce, preferentemente formales, vale decir, con concesiones y autorizaciones vigentes.

Estos límites arbitrarios, responden a la mejor apreciación sobre estas materias a las alturas del año 2004. Sin embargo, en esa misma época se realizan seminarios que generan propuestas alternativas, que sugieren limitar la APE a concesiones de hasta 10 hectáreas en el caso de productores marinos individuales, y de 10 hectáreas por asociado, en el caso de asociaciones de acuicultores. También se propone caracterizar al pequeño productor acuícola como un emprendedor con ventas anuales de hasta 2 400 Unidades de Fomento, equivalentes a unos \$EE.UU. 86 000 (unidad de cuenta cuyo valor se modifica diariamente de acuerdo a las variaciones del índice de precios al consumidor, y que en Agosto de 2007 tiene un valor de \$18 900 [pesos chilenos], o su equivalente a \$EE.UU. 36). Este límite lo hace quedar incluido en lo que la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) del Ministerio de Economía de Chile denomina «micro-empresario». Este criterio resulta promisorio, pues sobre un 90 por ciento de los encuestados en los estudios en cuestión están incluidos dentro de esta categoría. Se explora también, – sin éxito – que la APE no sobrepase ciertos volúmenes (toneladas) de producción<sup>2</sup>, buscando criterios que la eximan de la necesidad de presentar informes de impacto ambiental al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental por sus proyectos. Por otro lado, la propuesta de que la APE en AMERBs<sup>3</sup> se refiera exclusivamente al cultivo de especies nativas, dentro de su rango

<sup>2</sup> Estos límites son de 300 toneladas anuales para moluscos, y 500 toneladas anuales para algas.

<sup>3</sup> Figura jurídica que asigna el uso y goce de espacios bien delimitados a organizaciones de pescadores artesanales debidamente organizados.

de distribución natural, parece un criterio interesante, pero descartaría a productores de trucha en pequeña escala, a engordadores de ostra del Pacífico y a los eventuales engordadores sureños del ostión del norte. Esto limitaría prematuramente otras actividades que pueden resultar importantes para el éxito de la administración futura de las «áreas de manejo». Los intentos de utilizar indicadores relativos al nivel de empleo tampoco son convincentes, pues las organizaciones de productores de la APE pueden superar los límites ideados originalmente.

También se ha intentado validar la presencia del titular y sus familiares en los cultivos y que la tecnología en uso sea «limitada» o baja, conceptos que por su subjetividad serán de difícil aplicación práctica. Así, todavía deberá profundizarse el análisis para que la definición de APE en Chile realmente incluya a quienes se desea ayudar.

En resumen aunque aún no haya decisiones taxativas, los criterios más probables de integrarse a una definición de APE en situaciones reales son:

- i) La superficie en cultivo, preferentemente no superior a 6 o 10 hectáreas por concesión marina, o bien, por miembro de asociaciones de productores; y
- ii) El valor de facturación anual, asimilable al de una microempresa, o bien, inferior a los \$EE.UU. 86 000 ya señalados.

En el análisis que sigue, eso sí, las cifras sobre la APE se referirán a proyectos de pequeña escala limitados a 6 hectáreas por concesión marina individual, e incluyen

a todas las concesiones de propiedad de asociaciones de productores de pequeña escala, cualquiera sea su tamaño. También consideran a los productores de trucha de pequeña escala en agua dulce.

**CUADRO 1**  
**Especies cultivadas en emprendimientos de pequeña escala en Chile**

Especie	Nombre científico
Camarón de río del norte	<i>Cryphioips caementarius</i>
Cholga	<i>Aulacomya ater</i>
Chorito (mejillón)	<i>Mytilus edulis chilensis</i>
Choro maltón	<i>Choromytilus chorus</i>
Ostión del norte	<i>Argopecten purpuratus</i>
Ostra chilena	<i>Ostrea chilensis</i>
Ostra japonesa (del Pacífico)	<i>Crassostrea gigas</i>
Pelillo	<i>Gracilaria chilensis</i>
Trucha arcoiris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>

**CUADRO 2**  
**Centros de cultivo de pequeña escala en Chile por región, 2004**

Región	Nº de centros de cultivo	% del total
I	4	0,5
II	0	–
III	18	2,1
IV	19	2,3
V	1	0,1
VI	0	–
VII	2	0,2
VIII	11	1,3
IX	54	6,4
X	723	86,1
XI	8	1,0
XII	0	–
Reg. Metropolitana	0	–
Total	840	100,0

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

## CARACTERIZACIÓN DE LOS CULTIVOS EN PEQUEÑA ESCALA, CON ESPECIAL REFERENCIA AL CULTIVO DE MOLUSCOS BIVALVOS

Estudios recientes<sup>4</sup> indican que la APE se desarrolla en 840 centros activos, distribuidos a lo largo del territorio chileno y en torno a nueve especies, siendo las más importantes el alga *Gracilaria* y el chorito o mejillón (Cuadro 1). Más de un 90 por ciento de los mismos se localizan en la IX<sup>a</sup> y X<sup>a</sup> Región de Chile (Cuadro 2).

De los centros recién citados, 741 se dedican al cultivo de una sola especie, y los 99 restantes al cultivo de dos o más (Cuadros 3 y 4).

Ahora, si los centros que cultivan dos o más recursos se clasifican según su producto principal, la APE en Chile se refiere a las siguientes especies, con el énfasis que se indica en la Figura 1.

Claramente, se evidencia una alta concentración de la APE chilena en el pelillo (alga gracilaria) y el chorito (mejillón), al contrario de lo que ocurre en la mayor parte de los países de Asia, y países como Brasil, donde ella se refiere mayoritariamente a especies de agua dulce. Adicionalmente, y

<sup>4</sup> GESAM Consultores, 2005 *Diagnóstico de la acuicultura de pequeña escala en Chile*, Informes Finales (documentos separados), Fases 1 y 2, Proyecto FIP 2004-26, Santiago, Chile. De este trabajo se han obtenido los principales datos estadísticos citados en este capítulo.

**CUADRO 3**

**Distribución de centros acuícolas de pequeña escala que cultivan una sola especie, por producto cosechado, 2004**

Recurso	Total centros
Pelillo	489
Chorito	167
Trucha	28
Ostión	22
Choro Maltón	19
Ostra chilena	7
Ostra japonesa	5
Camarón de río	3
Cholga	1
<b>Total</b>	<b>741</b>

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

difiriendo de la acuicultura de gran escala, la mayor parte de las especies que son motivo de cultivo en Chile corresponden a especies nativas (se exceptúan la trucha y la ostra del Pacífico).

La mayor parte de la APE es realizada por particulares, mientras organizaciones (cooperativas, sindicatos, etc.) disponen de un número sustancialmente menor de lugares de trabajo (Cuadro 5).

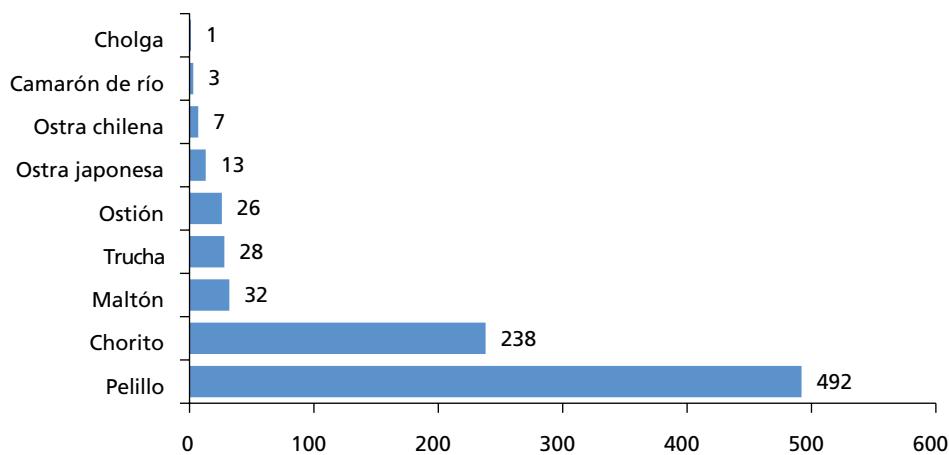
**CUADRO 4**

**Distribución de centros acuícolas de pequeña escala que cultivan más de una especie, por productos cosechados, 2004**

Recurso principal	Otros recursos	Total centros
Chorito	Cholga	13
	Cholga, Ostra chilena	1
	Choro Maltón	21
	Choro Maltón, Ostión	1
	Ostión	2
	Ostión, Ostra japonesa	1
	Ostra chilena	3
	Ostra japonesa	21
	Ostra japonesa, maltón	3
Choro maltón	Pelillo	5
	Cholga	1
	Chorito	7
	Ostra japonesa	5
Ostión	Ostra japonesa	3
	Pelillo	1
	Chorito	3
	Ostión	1
Ostra japonesa	Ostra chilena, Choro Maltón	1
	Pelillo	3
	Chorito	1
Pelillo	Choro Maltón	1
	Ostra japonesa	1
	<b>Total</b>	<b>99</b>

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

**FIGURA 1**  
**Número de cultivos de pequeña escala en Chile, agrupados según su actividad principal, 2004**



También se verifica que la superficie total de cultivos de pequeña escala en Chile alcanza a algo más de 2700 hectáreas. Contrastando estos valores con el total de concesiones acuícolas disponibles a la misma fecha en el país y el total de área ocupada (Cuadro 6), se observa que las concesiones de pequeña escala representan el 35 por ciento de

**CUADRO 5**

**Distribución de centros acuícolas de pequeña escala por tipo de propietario 2004**

Propietario	Nº concesiones	Área de cultivo (hectáreas)
Particulares	661	976
Organizaciones	141	1 702
Otros	7	30
<b>Totales</b>	<b>809</b>	<b>2 708</b>

Nota: Las fuentes consultadas solamente consignan el área aplicable a 809 concesiones, y no a las 840 citadas anteriormente.

los totales nacionales, y un 14 por ciento del área usada para cultivo. Estos valores sorprenden por su importancia, y preocupan por el interés desproporcionadamente bajo en estas actividades por parte de los sectores oficiales.

Las concesiones más numerosas son las dedicadas al cultivo de peces (897 unidades), las de cultivo de diversos moluscos (846 unidades) y las de algas (539 unidades). Sin embargo, las concesiones empleadas en el cultivo de moluscos cubren un área mayor (8 533 hectáreas) que aquellas dedicadas a peces (8 338 hectáreas).

En la mayor parte de los casos la APE se refiere a especies que no requieren de alimentación artificial, situación que también difiere con lo que ocurre en los cultivos de escala mayor, dependientes generalmente de dietas formuladas.

A fines del año 2004 la APE es de propiedad de 4 768 personas, (Cuadro 7), la mayor parte, miembros de asociaciones (4 129). (Acá, las personas asociadas con organizaciones laborales son el *total* de sus miembros, trabajen o no en los cultivos). Se aprecia también que las asociaciones ligadas al cultivo de algas son las más numerosas, seguidas por las relacionadas con el cultivo de moluscos bivalvos, especialmente choritos.

La fuerza laboral asociada a la APE asciende a 4 362 empleos permanentes y 1 834 empleos eventuales (Cuadro 8) (fines del año 2004). El cultivo de *Gracilaria* domina como fuente laboral (64 por ciento de trabajo permanente y 44 por ciento del eventual), seguido por los cultivos de moluscos bivalvos, en especial choritos y ostión, que en conjunto significan un 29 por ciento del empleo directo y un relevante 43 por ciento del trabajo temporal.

Más de un 16 por ciento de los cultivos en operación a fines del año 2004 funcionaba de manera «informal» (Cuadro 9), sea por tener caducado sus permisos, por no haberlos tramitado del todo o por encontrarse ellos en trámite. Este porcentaje es indicativo de variadas dificultades que enfrentan los productores de pequeña escala para funcionar dentro de los esquemas legales vigentes.

CUADRO 6

**Distribución de centros acuícolas chilenos, por especie cultivada y área en cultivo (hectáreas), 2004**

Región	Algas		Moluscos		Peces		Mixtos		Sin información		Total	
	Nº centros	Área	Nº centros	Área	Nº centros	Área						
I	0	0	8	73	1	25	2	10	0	0	11	108
II	0	0	3	110	0	0	5	178	0	0	8	288
III	29	142	40	911	0	0	13	164	0	0	82	1 217
IV	9	132	44	2 078	0	0	2	29	0	0	55	2 239
V	0	0	1	39	0	0	0	0	0	0	1	39
VI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VII	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VIII	7	43	6	49	0	0	4	32	0	0	17	124
IX	0	0	11	18	0	0	2	2	0	0	13	20
X	491	1 240	722	5 228	416	4 974	91	821	1	1	1 721	12 264
XI	3	16	11	27	427	3 134	5	11	1	1	447	3 189
XII	0	0	0	0	53	204	0	0	0	0	53	204
Total	539	1 572	846	8 533	897	8 338	124	1 248	2	2	2 408	19 692

Fuente: SERNAPESCA.

CUADRO 7

**Distribución de centros acuícolas de pequeña escala en Chile por especie y tipo de propietario, 2004**

Propietario	Cholga	Chorito	Choro Maltón	Ostión	Ostra japonesa	Ostra chilena	Pellílo	Camarón de río	Trucha	Total	
										Organización	Particular
Organización	32	548	216	605	135	-	2 593	-	-	4 129	
Particular	-	193	20	3	5	7	380	3	28	639	
Total	32	741	236	608	140	7	2 973	3	28	4 768	

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

**CUADRO 8****Distribución de centros acuícolas de pequeña escala en Chile por especie cultivada y empleo generado, 2004**

Especie	Trabajadores		Total empleo directo
	Permanentes	Eventuales	
Camarón de río	16	21	37
Cholga	4	28	32
Chorito	940	685	1 625
Choro maltón	152	102	254
Ostión	315	108	423
Ostra chilena	24	10	34
Ostra japonesa	103	51	154
Pelillo	2 772	798	3 570
Trucha	36	31	67
<b>Totales</b>	<b>4 362</b>	<b>1 834</b>	<b>6 196</b>
<b>Total moluscos bivalvos</b>	<b>1 538</b>	<b>984</b>	<b>2 522</b>
<b>% del Total</b>	<b>35,3</b>	<b>53,7</b>	<b>40,7</b>

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

**CUADRO 9****Caracterización de los centros acuícolas de pequeña escala en Chile según el nivel de formalidad de sus autorizaciones y especie cultivada, 2004**

Especie	Centros		% de Informalidad
	Formales	Informales	
Camarón de río	3	–	–
Cholga	1	–	–
Chorito	216	22	9,2
Choro maltón	14	18	56,3
Ostión	25	1	3,8
Ostra chilena	7	–	–
Ostra japonesa	10	3	23,1
Pelillo	408	84	17,1
Trucha	20	8	28,6
<b>Totales</b>	<b>704</b>	<b>136</b>	<b>16,2</b>
<b>Total moluscos bivalvos</b>	<b>273</b>	<b>44</b>	<b>13,9</b>

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

La APE chilena no está integrada verticalmente y es altamente dependiente de poderes compradores de operadores de mayor escala. Esta dependencia es bastante marcada, a pesar del alto nivel de asociatividad de los pequeños acuicultores (71 por ciento pertenece a algún tipo de organización), lo que es indicativo de importantes carencias organizacionales que afectan su desempeño económico y posiblemente su viabilidad a mediano y largo plazo.

Cifras para 1999<sup>5</sup> indican que en ese año operaban 88 cultivos de chorito en pequeña escala y 719 centros alquileros (*Gracilaria*), frente a 238 centros de choritos y 492 centros de algas en 2004, asunto que muestra un gran dinamismo y crecimiento en el caso del chorito, y una fuerte disminución, en el caso del alga *Gracilaria*.

También se verifica que las organizaciones de productores disponen de concesiones de variado tamaño, con un promedio de 13 hectáreas por institución. En el caso de productores individuales, las concesiones también varían en tamaño, pero los más frecuentes tienen entre 2 y 3 hectáreas y entre 4 y 5 hectáreas para chorito, aunque lleguen hasta 6 hectáreas por unidad. Por su parte, las parcelas de los alquileros son más pequeñas (promedio de 0,3–0,5 hectáreas).

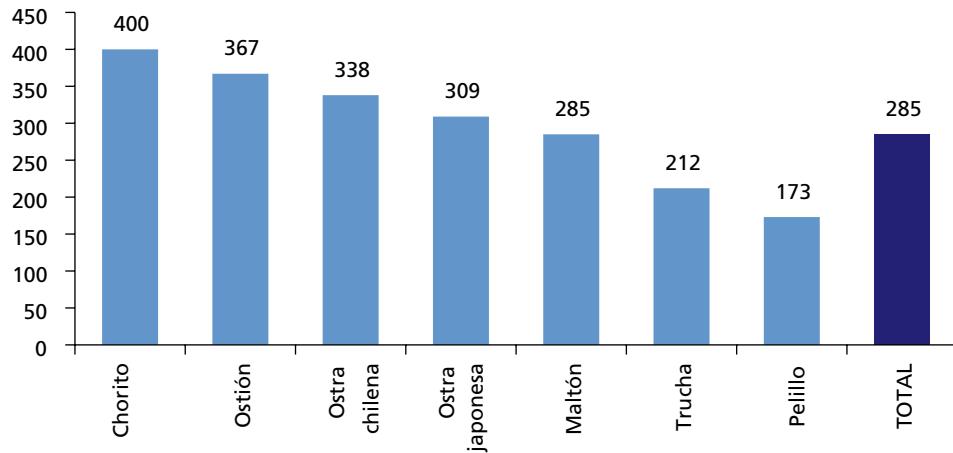
<sup>5</sup> Cifras citadas por GESAM, 2005, op.cit y referidas a documentos sin identificar presentados en el Seminario sobre Acuicultura Rural de Pequeña Escala (ARPE) organizado por FAO y la Universidad Católica de Temuco en esa última ciudad en 1999.

Encuestas de Octubre-Diciembre de 2004 (op.cit.) también concluyen que sobre el 90 por ciento de los dueños de las concesiones de cultivo trabajan directamente en los mismos.

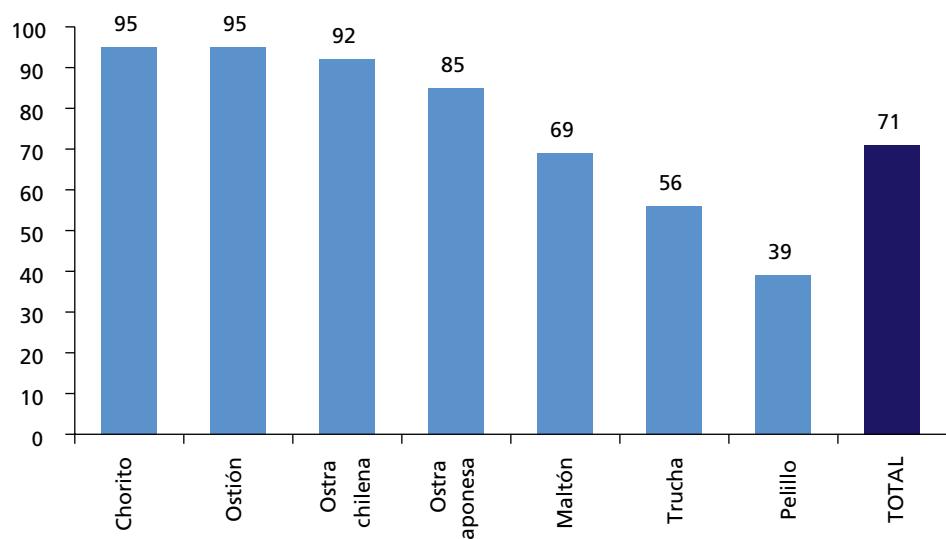
También se verifica que para casi dos tercios de los acuicultores de pequeña escala esta actividad constituye la mayor fuente de ingresos (74 por ciento de los productores de pelillo; 75 por ciento de los de ostión y 60 por ciento de los de chorito). Este hecho, y el alto número de personas asociadas a la APE le asignan una particular relevancia socioeconómica a la misma, especialmente en localidades donde el trabajo en el mar es una de las principales entre las pocas variadas fuentes laborales existentes.

Los ingresos familiares y medios por persona dentro de la APE son bastante variables y dependen del cultivo de que se trate (Figuras 2 y 3, referidas a ingresos medios mensuales, en pesos de 2004). Así, los cultivadores de pequeña escala mejor rentados de Chile son aquellos dedicados a los *moluscos bivalvos*, en particular, chorito y ostión.

**FIGURA 2**  
**Ingresos medios familiares, por tipo de cultivo de pequeña escala**  
**(Incluye ingresos que también provienen de otras actividades), 2004.**  
Miles de pesos chilenos por familia/mes



**FIGURA 3**  
**Ingresos medios por persona, por tipo de cultivo de pequeña escala (Incluye ingresos que también provienen de otras actividades), 2004.** Miles de pesos chilenos por persona/mes

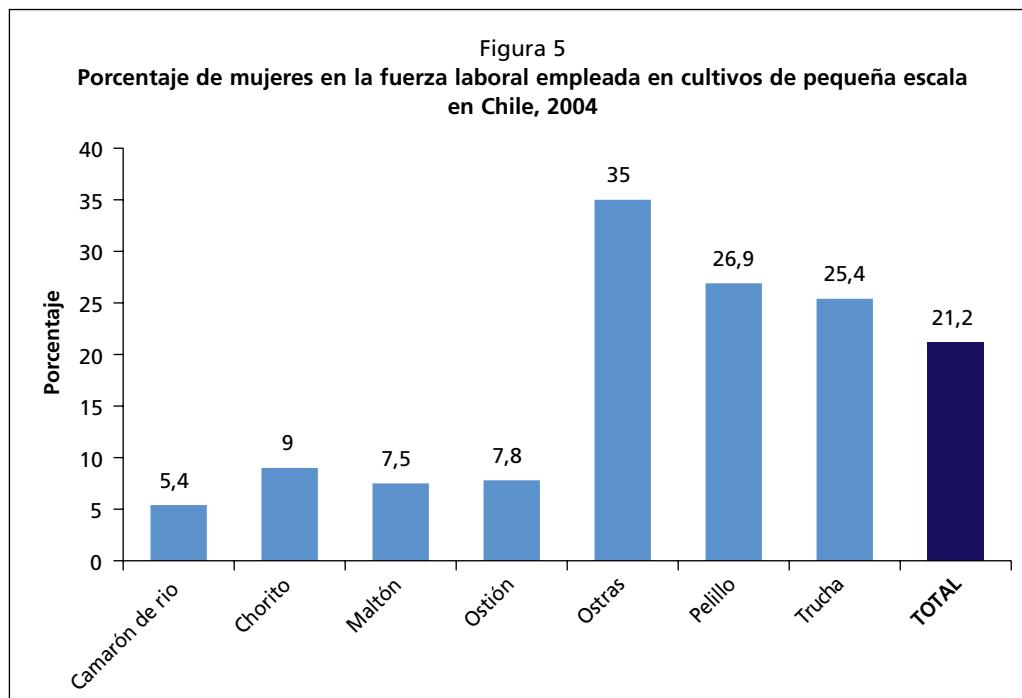
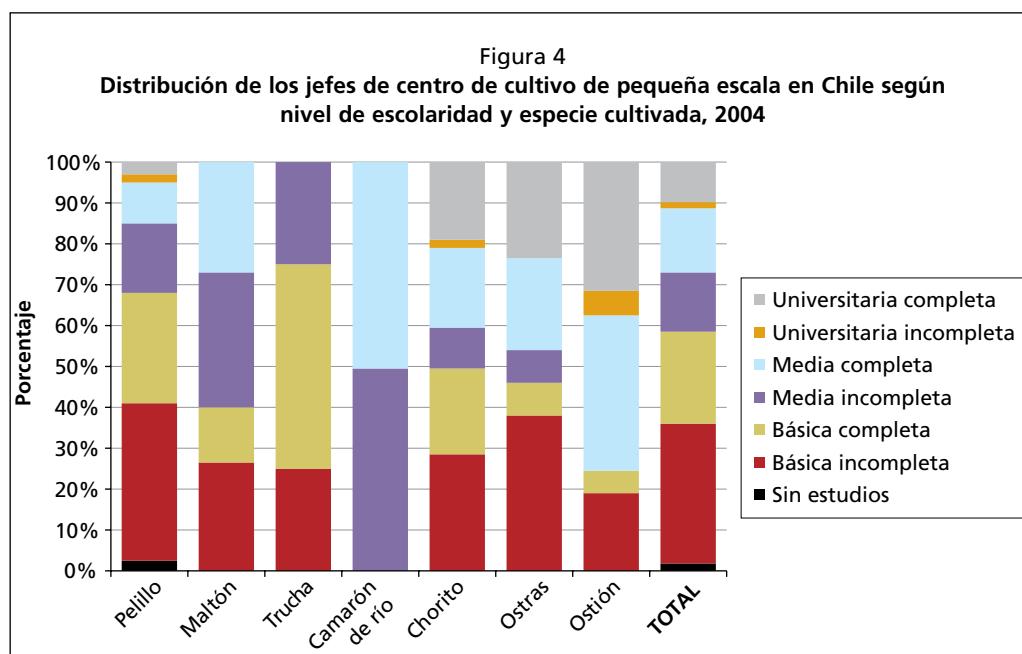


Solo un muy reducido porcentaje de los encargados de pequeños centros de cultivo carece de educación formal, mientras un alto número dispone de educación básica o media y hasta de educación universitaria, completa o incompleta (Figura 4).

También se ha detectado una participación relativamente reducida de la mujer en la APE (21,2 por ciento de la fuerza laboral) (Figura 5). Si se hace referencia a los jefes de centro, la incidencia femenina es aún menor (16,8 por ciento de los cultivos).

Para resumir y ampliar los conceptos relativos a la APE de moluscos bivalvos se presenta en el Cuadro 10, que detalla aspectos estructurales de cada cultivo. Las cifras presentadas no hacen más que reafirmar que el chorito destaca en prácticamente todos los indicadores seleccionados.

El valor de las cosechas de la APE en Chile se ha estimado en algo más de \$ 3 600 millones en el año 2004, (unos \$EE.UU. 6,5 millones) (Cuadro 11). Un 63 por ciento corresponde al chorito; un 12 por ciento al ostión, y un 15 por ciento a *Gracilaria*. Un



**CUADRO 10**  
**Características relevantes de los cultivos chilenos de moluscos bivalvos en pequeña escala, 2004**

CARACTERÍSTICA / CULTIVO	Chorito	Ostión	Choroi maltón	Ostra chilena	Ostra Japonesa
Zonas de desarrollo	Muy mayoritariamente en la X <sup>a</sup> Región	Mayoritariamente en IV Región, También en I <sup>a</sup> y III <sup>a</sup> Regiones	IX <sup>a</sup> y X <sup>a</sup> Regiones	X <sup>a</sup> Región	Principales, X <sup>a</sup> Región
Número de centros	238	27	31	7	13
13,4% pertenece a organizaciones	81,5% pertenece a organizaciones	29% pertenece a organizaciones	Todos pertenecen a particulares	38% pertenece a organizaciones	
Relación del dueño con el centro de cultivo	83,9% trabaja en el cultivo Para 60% es principal fuente de ingresos	100% trabaja en el cultivo Para 75% es principal fuente de ingresos	100% trabaja en el cultivo Para 48,4% es principal fuente de ingresos	90% trabaja en el cultivo Para 53,3% es principal fuente de ingresos	90% trabaja en el cultivo Para 53,3% es principal fuente de ingresos
Nivel de asociatividad	47% de propietarios pertenece a organización	81,5% de propietarios pertenece a organización	88,5% de propietarios pertenece a organización	20% de propietarios pertenece a organización	72,7% de propietarios pertenece a organización
Nivel educación encargado del centro	71,4% encargados con educación básica completa	81,3% encargados con educación básica completa	73,3% encargados con educación básica completa	61,5% encargados con educación básica completa	61,5% encargados con educación básica completa
Nº total de trabajadores	1625	423	254	34	154
57,8% son permanentes	74,5% son permanentes	59,8% son permanentes	70,6% son permanentes	66,9% son permanentes	
Ingreso medio mensual familiar (Miles \$ 2004)	400	367	285	338	308
65,7% proviene de acuicultura	96% proviene de acuicultura	63,8% proviene de acuicultura	61,3% proviene de acuicultura	61,3% proviene de acuicultura	
Proyección (a fines del 2004)	16,8% de los centros aún sin cosecha Es rubro de mayor crecimiento	14,8% de los centros aún sin cosecha 3 grandes concesiones pertenecen a organizaciones sindicales en la I <sup>a</sup> Región	6,5% de los centros aún sin cosecha	No hay nuevos centros	23,1% de centros aún sin cosecha
Sistema de cultivo principal	Semillas captadas con colectores. Engorda en sistemas suspendidos ('long-lines') de los que pendan los colectores	Semillas captadas con colectores y de hatchery (fuente secundaria) Engorda suspendida ('long-lines') en 'pearl-nets' y 'lantern-nets'	Captación natural de semillas en colectores fijados al fondo Engorda en el fondo	Captación natural de semillas en collares de conchas de moluscos. Engorda suspendida, en fondo o en camillas	Semillas solo de hatchery Engorda intermareal en camillas y longlines en submareal
Sistema de organización	En su mayoría, de propiedad individual, donde trabaja dueño y su familia. También de propiedad de Organizaciones Comunitarias	Destacan independientes	Destacan organizaciones comunitarias	Destacan independientes	Destacan organizaciones comunitarias

Fuente: Información base encuesta GESAM 2005, op.cit. No se incluye la cholga, pues en todos los casos corresponde a un 'cultivo secundario', donde predomina el chorito.

## CUADRO 11

**Valor estimado de las cosechas de la acuicultura de pequeña escala en Chile, por especie y región, 2004  
(miles de pesos chilenos corrientes)**

Especie	I	III	IV	VII	VIII	IX	X	XI	Total
Camarón de río		4,9	1,3						6,2
Cholga					0,4		45,1		45,6
Chorito						3,2	2 249,4	7,2	2 259,9
Choro maltón						96,1	65,8		161,9
Ostión	2,8	53,5	380,6		3,9				440,8
Ostra chilena							63,7		63,7
Ostra japonesa		4,3		3,8	3,5	5,6	51,1		68,3
Pelillo		34,5	71,4		59,6		370,3		535,9
Trucha					0,6	17,4			18,0
<b>Totaltes</b>	<b>2,8</b>	<b>97,3</b>	<b>453,3</b>	<b>3,8</b>	<b>68,0</b>	<b>122,2</b>	<b>2 845,5</b>	<b>7,2</b>	<b>3 600,2</b>
Total moluscos bivalvos	2,8	57,8	380,6	3,8	7,8	104,9	2 475,2	7,2	3 040,1
% del Total	100,0	59,4	84,0	100,0	11,4	85,8	87,0	100,0	84,4

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

79 por ciento de los ingresos se genera en la X<sup>a</sup> Región y un 12,6 por ciento en la IV<sup>a</sup> Región del país. Además, casi el 98 por ciento de los valores de los cultivos se asocian a cosechas de especies nativas. Aparentemente, eso sí, estas cifras están subestimadas, pues estos valores no alcanzan ni siquiera para lograr los ingresos medios mensuales por persona de \$71 000 ya citados y tampoco dejarían margen para cubrir el pago del trabajo indirecto, gastos en otros insumos ni la remuneración del capital. Entonces, el valor «real ajustado» de las cosechas de pequeña escala en 2004 al menos debe superar en un 30-50 por ciento a aquel recién citado, o bien, suma entre \$4 700 y \$5 400 millones (8,5 a 9,8 millones de \$EE.UU.).

La mayor parte de la APE vende a plantas elaboradoras de productos del mar y solo proporciones menores, y algunas especies, se venden para el mercado de consumo en fresco (Cuadro 12).

Según criterios chilenos para medición de la pobreza (fichas CAS-2)<sup>6</sup>, puede afirmarse que un 11 por ciento de los encuestados en la APE serían indigentes; un 31 por ciento, pobres y un 58 por ciento, «no pobres». En el caso del pelillo, un 83 por ciento de los productores eran «indigentes y pobres», mientras que entre los cultivadores de los principales moluscos bivalvos (chorito, ostión y choro maltón) no figuran indigentes. En el caso del ostión, con los mejores índices educacionales y sociales, todos califican como «no pobres». Adicionalmente, los grupos de extrema pobreza (indigencia) y pobreza se asocian con áreas de concesión inferiores a 4,13 hectáreas.

Los estudios realizados también verifican los patrones económicos asociados a la APE, llegando a proponer los valores de los indicadores que se describen en la Cuadro 13 para empresas cultivadoras «tipo», señalándose que prácticamente todas esas unidades tendrían una rentabilidad

## CUADRO 12

**Destino de las ventas primarias de la acuicultura de pequeña escala en Chile, 2004 (% de las cosechas de cada especie)**

Especie	Plantas de proceso	Consumo directo
Camarón de río	0	100
Cholga	90	10
Chorito	99	1
Choro maltón	0	100
Ostión	95	5
Ostra chilena	0	100
Ostra japonesa	0	100
Pelillo	100	0
Trucha	0	100

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

<sup>6</sup> Sistema CAS usado en Chile para focalizar programas sociales a los pobres y vulnerables. Larrañaga, O. 2005, *Focalización de Programas en Chile: El sistema CAS*, The World Bank Institute.

CUADRO 13

**Indicadores económicos y productivos para cultivos de pequeña escala «tipo», 2004. (Valores monetarios expresados en millones de pesos chilenos de 2004)**

Rubro	Cultivo					
	Pelillo		Chorito	Ostión	Choro Maltón	Ostra Chilena
Superficie (ha)	3,6	0,8	2,8	14,8	1,7	2,6
Nº trabajadores	4	3	4	14	4	3
Ventas por año	3,5	0,7	8,9	22,0	2,4	10,6
Costos anuales	3,2	0,7	4,9	14,0	0,8	8,1
Inversión	3,2	0,1	13,2	25,5	2,0	10,3
Producción anual (toneladas)	28,1	4,3	85,7	1.292(1)	8,8	90(1)

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

(1): Cantidad en miles de unidades y no en toneladas.

CUADRO 14

**Indicadores de rentabilidad para cultivos de pequeña escala «tipo», 2004 (Valores monetarios en moneda corriente de 2004)**

Cultivo	Millones de pesos de 2004			Rentabilidad (%)
	Inversión	Costos	Venta anual	
Pelillo, Zona Norte	3,2	3,2	3,5	9,2
Pelillo, Zona Sur	0,1	0,7	0,7	12,2
Ostión	25,5	14,0	22,0	31,5
Chorito	13,2	4,9	8,9	29,7
Choro maltón	2,0	0,8	2,4	80,9
Ostra chilena	10,3	8,1	10,6	24,4

Fuente: GESAM, 2005, op.cit.

adecuada (Cuadro 14)<sup>7</sup>, aunque no se detallen los criterios empleados para la determinación de inversiones, costos ni ingresos. Acá, entonces, resulta muy alentador verificar que al menos en primera aproximación, la APE en Chile y particularmente aquella referida a moluscos bivalvos, podría constituirse en una propuesta económica auto-sustentable.

Estos resultados pueden ser metodológicamente discutibles, pero al menos indican que la ayuda Estatal que pueda brindarse a la APE no caería en el campo del subsidio a «operaciones sin destino». Por el contrario, hay señales promisorias para preservar y estimular estos cultivos, que se adecuan al medio rural y costero chileno, y pueden servir para reconvertir a pescadores artesanales amenazados por la baja sostenida de las capturas de los recursos pesqueros costeros.

### SITUACIÓN ESTRATÉGICA DEL CULTIVO DE MOLUSCOS BIVALVOS EN PEQUEÑA ESCALA EN CHILE

Dentro de la APE chilena, destacan los cultivos de moluscos. En algunos casos (choro maltón, cholga, ostra nativa), prácticamente todo el cultivo de la especie proviene de estos emprendimientos. En otros casos (chorito y ostión), las cosechas en pequeña escala son menos relevante en su aporte a la producción total. Por cierto, el desarrollo de la acuicultura chilena en los últimos 25 años es casi exclusivamente producto de proyectos de mediana y gran escala, y por esto, es legítimo preguntarse sobre la real valía de la APE en el país, y si ella puede seguir siendo una propuesta viable y sostenible a futuro. Como ya se ha visto, rasgos positivos y justificaciones no parecen faltar, sin embargo, los desafíos también son manifiestos e importantes.

<sup>7</sup> Cifras del Cuadro 14 presentadas por GESAM 2005 (op.cit.) para analizar el efecto del pago de patentes de acuicultura por parte de los productores de pequeña escala, pero, aparentemente, sin grandes pretensiones metodológicas. Por esta última razón, ellas deben ser utilizadas con cautela.

## Las principales promesas

La APE cumple varios roles importantes en Chile. Entre otros, genera un significativo número de empleos, especialmente en zonas rurales y en áreas remotas. Más aún, si bien en el pasado los cultivos marinos eran un «complemento» de otras labores productivas más relevantes (generalmente agrícolas), actualmente, una parte muy destacada de los acuicultores obtiene la porción principal de su sustento de este oficio.

También es conocida la necesidad de generar alternativas laborales para reconvertir al pescador artesanal tradicional, por la escasez creciente de pesca costera. En estos casos, la acuicultura se transforma en la alternativa obvia para muchos de ellos.

Paralelamente, se ha señalado que la APE de moluscos bivalvos puede dar origen a ingresos familiares razonables, en operaciones económicamente rentables, lo que habla de un sector productivo con potencial de auto-sustentación.

Tampoco puede objetarse que hoy y a futuro, la APE puede emprender actividades que por su tamaño y/o ubicación geográfica resulten poco atractivas para la mediana y/o gran industria. Así, con su tamaño reducido, puede trabajar en espacios y zonas, y con sistemas, que por su dimensión y alcance no son atractivos para el gran productor, con lo que «agregan» valor a la industria, sin que esta adición pueda ser vista como ‘competencia’ por los otros gestores.

También puede recordarse acá que los principales productos de la APE en Chile se destinan al mercado internacional y no el consumo local ni el auto-consumo, situación que difiere con otros países, donde el cultivo artesanal se asocia principalmente a ventas locales y al auto-consumo.

Finalmente, la acuicultura debe suprir la mayor parte de la demanda mundial futura por productos del mar, y en este escenario, ávido de oferta, la APE local siempre tendrá su lugar. En el caso de moluscos bivalvos, si la APE no diese lugar a exportaciones de «commodities», habrá cabida para productos especializados, en menor volumen, para exportación y para ventas locales.

Más allá de lo señalado, existen otras promesas que justifican el interés por el futuro de la APE en Chile, y en particular, por aquella referida a la producción de moluscos. Entre ellas:

- La diversificación productiva: Actualmente, con ayuda de fondos financieros concursables<sup>8</sup>, se trabaja en el desarrollo de técnicas de cultivo de moluscos apropiadas para el trabajo en pequeña escala. Entre otros: almejas, navajas, macha, caracoles, pulpos, etc. Estos cultivos emergentes deberían convertirse en propuestas comercialmente atractivas en el curso de 5 a 15 años.
- Las áreas de manejo de recursos bentónicos: esta figura administrativa, permite asignar zonas costeras a diversos grupos de pescadores artesanales organizados, para que estos se responsabilicen por su explotación sustentable. Ellas constituyen desde hace ya años, un patrimonio de las organizaciones de pescadores artesanales costeros. Estas «concesiones» facilitan el repoblamiento de las mismas, con semillas que, bien sembradas y cuidadas pueden complementar las capturas silvestres.

En países como Japón existen sistemas para producir y financiar las semillas de moluscos y peces a sembrar, pero estas materias aún no están resueltas en Chile. Sin embargo, el hecho de que la APE es la más clara alternativa para complementar la pesca artesanal obligará al Estado a preocuparse preferentemente de estas materias, concibiendo esquemas auto-sustentables viables, que generen mayor producción asociada a la APE. En un horizonte a 10–15 años plazo, Chile debería disponer de productoras de semillas de moluscos y juveniles de peces de hábitos costeros para emprender cultivos extensivos y hasta intensivos de variadas especies. Estos

<sup>8</sup> Actualmente y desde hace varios años, universidades y/o centros tecnológicos, asociados con productores de diverso tamaño y rubro pueden postular en concursos públicos para acceder a co-financiar proyectos de desarrollo científico y tecnológico.

esquemas facilitarán la satisfacción de la demanda interna<sup>9</sup> y también potenciarán las exportaciones.

Hasta la fecha, las «áreas de manejo» no han sido particularmente exitosas y esta situación es aún más evidente en lo referido a los cultivos dentro de ellas. Así, para desarrollar la APE en las AMERBs, deberán realizarse variadas modificaciones legales. Ellas deberían acompañarse de programas de capacitación tecnológica, de gestión, etc., para garantizar un manejo efectivo de las organizaciones de productores y de sus miembros.

### **Algunos desafíos importantes**

Desde un punto de vista meramente productivo, la APE de chorito y ostión parece poco relevante. Medianos y grandes productores se dotan actualmente de capacidades para «copar» todos los requerimientos de mercado, e inclusive, para sobrepasarlos con creces.

No sucede lo mismo con los cultivadores de ostra nativa, choro maltón y cholga, donde la APE es la principal, sino la única fuente de abastecimiento para el mercado interno. Aunque la demanda asociada no ha evolucionado con dinamismo en años recientes, ella puede desarrollarse a niveles remunerativos y sustentables, aunque por el momento, sin mayores pretensiones.

Coyunturalmente y mientras los nuevos productores de chorito instalan sus enormes capacidades de cultivo y proceso<sup>10</sup>, la APE es muy atractiva para ellos, pues la compra de estas cosechas les permite «anticipar» exportaciones y posicionarse comercialmente mejor, en un escenario de mercado que se insinúa como altamente competitivo.

En el caso del ostión, la APE es bienvenida en forma más permanente, pues generalmente los productores actuales tienen cosechas relativamente menores que pueden suplementarse con compras a terceros, mejorando su posición comercial. Esta situación cambia ocasionalmente – como en la actualidad – cuando el principal mercado para el ostión chileno – el francés – se satura con envíos voluminosos del Perú o por otras situaciones. En esos casos, solo queda esperar que se realicen esfuerzos para ampliar los mercados hacia otros destinos igualmente remunerativos.<sup>11</sup>

La APE en Chile destaca por su incapacidad para acceder directamente a los mercados terminales (exportaciones, y grandes centros urbanos del país), por razones de escala y nivel organizacional. Habitualmente estos productores deben conformarse con vender en playa, dejando de percibir las utilidades que genera el proceso de comercialización. Hasta fechas reciente el chorito se vendía a un reducido número de compradores, que fijaban precios en playa poco remunerativos. Este hecho y la despreocupación por el desarrollo del mercado interno significaron por décadas la postración del cultivo. Hoy existen más opciones y poderes de compra, pero esta situación aún no se traduce en mejoras importantes en los precios pagados en playa.

<sup>9</sup> En su trabajo del año 2000: *La Comercialización y el mercado de productos pesqueros comestibles en Santiago de Chile*, INFOFESCA, Montevideo, Uruguay, Carlos Wurmann y Guillermo Moreno (2000) establecen que el mercado interno para los productos pesqueros en Chile crece de manera interesante, y requiere crecientemente de cantidades que, de no mediar circunstancias muy favorables, deberán ser importados para satisfacer las necesidades de los consumidores locales.

<sup>10</sup> Prácticamente todos los grandes proyectos actualmente en puesta en marcha señalan su voluntad de cultivar al menos unas 20 000–30 000 toneladas por año a breve plazo, y disponen o tienen en instalación enormes plantas procesadoras con capacidades comparables y/o superiores a esas cifras.

<sup>11</sup> Actualmente, mercados tan interesantes como el de los EE.UU. de N.A. solo adquieren el callo del ostión, y no sus góndadas, lo que hace poco o menos rentable los envíos a ese país. Con todo, en el afán de buscar alternativas, se trabaja en la producción de ostión triploide, con músculos que excederían generosamente los tamaños actuales, permitiendo compensar las pérdidas asociadas a la ‘no-venta’ de las góndadas. Esta innovación, y la búsqueda de productos que utilicen separadamente las góndadas, para su venta como pasta, etc. podrán ayudar enormemente en la diversificación futura de los destinos de las ventas chilenas de ostión.

Por otra parte, los aumentos en las cosechas en gran escala de las próximas temporadas y un bajo valor del dólar, pueden forzar disminuciones de precios en las exportaciones y presionar sobre los valores a pagar en playa. Pasada la coyuntura actual (tal vez dentro de tres a cinco años plazo), donde la APE de choritos es manifiestamente deseable, se espera que las cosechas de pequeña escala sean cada vez menos apetecidas por los grandes exportadores y que, además, estén sujetas a crecientes imposiciones de calidad, oportunidad y a menores precios. Este escenario es desafiante para el pequeño cultivador de chorito del sur de Chile, el que debe prepararse para enfrentar situaciones difíciles de remontar en forma aislada, dado el grado de vulnerabilidad inherente a su tamaño, condición económica y nivel organizacional. Se suma a lo anterior las crecientes presiones medio-ambientales; la certificación de las aguas de cultivo; la implementación de normativa difícil de asimilar, asumir y operacionalizar. Así, para que los pequeños productores de chorito continúen operando en forma viable en el mediano y largo plazo, se hace necesario actuar desde ahora abarcando al menos los siguientes aspectos:

- Mejorar el grado y la calidad de la asociatividad, de manera de enfrentar mancomunadamente los procesos de comercialización de las cosechas en playa. Debe apoyarse las mejoras en la gestión de las organizaciones de productores, o en su caso, estimular la creación de nuevas instancias profesionalizadas y gerenciadas con eficiencia. Adicionalmente, deberá intentarse acceder a mercados nacionales más remunerativos, o a exportar productos ‘gourmet’ de alta calidad y mayor valor agregado;
- Mejorar el nivel de información de mercado (local y de exportación) para enfrentar el proceso de ventas en una mejor posición negociadora;
- Mejorar la tecnología de cultivo, para bajar costos, producir en forma uniforme, con mejor calidad y capacidad de predicción. Debe cumplirse con certificaciones ambientales; formas de clasificar los productos, selección de tamaños, fechas de entrega, etc.
- Facilitar el acceso al crédito, para mejorar la tecnología en uso y la productividad.

Estas medidas también son aplicables a los otros cultivos y hablan de la necesidad de capacitar al pequeño productor, para adecuarlo a las exigencias ambientales y de mercado, y para incorporar tecnologías que faciliten una mayor eficiencia y regularidad productiva.

En lo relativo a la normativa actual, existe la percepción inequívoca de que ella es compleja, exigente, cara de aplicar y poco apropiada para el pequeño productor, planteándose la urgencia de facilitar y desburocratizar los procedimientos para acceder y transferir las concesiones de cultivo y modificar las especies a cultivar, las escalas de producción, etc. También se debe disminuir los costos asociados al cumplimiento de la reglamentación vigente y generar normativa que reconozca la particularidad de la APE, y se ajuste a sus realidades y posibilidades.

Las autoridades<sup>12</sup> han manifestado su interés por desarrollar un *estatuto específico para la APE* que resuelva las actuales asimetrías y genere un ambiente propicio para su desarrollo y sustentabilidad. Esta tarea – prometida para fines del año 2007 – es de la ingerencia del nuevo Consejo Nacional de Acuicultura, sin que hasta la fecha se hayan visto resultados concretos.

La APE también está en desventaja frente a los costos crecientes de las concesiones marinas y a los trámites, costos y plazos necesarios para obtener su asignación. El mediano y gran empresariado tiene ventajas comparativas, que finalmente – y de no existir normativa ni voluntad política adecuadas – pueden significar la paulatina desaparición de la APE en el país, o bien su empobrecimiento hasta alcanzar niveles no sustentables.

<sup>12</sup> Al menos desde el año 2003, al promulgarse la *Política Nacional de Acuicultura*.

Con todo, entonces, si bien la APE tiene un importante raigambre en las tradiciones productivas chilenas y se justifica como fuente generadora de trabajo y alimentos en zonas remotas y con pocas alternativas laborales, la globalización de la acuicultura mundial ha impuesto en Chile un modelo de trabajo de mediana y gran escala que desafía en muchos planos a estos emprendimientos. Existe así un deber del Estado chileno para mediar en estas materias, diseñando un marco regulatorio y operacional adecuado que facilite el quehacer de la APE y garantice oportunidades equitativas para su desarrollo sustentable.

La caracterización de este sector productivo en Chile muestra ya resultados promisorios, pues demuestra que existen condiciones objetivas que justifican una acción Estatal inteligente, dirigida a apoyar la permanencia en el tiempo de estos productores.

## **CONCLUSIONES**

La APE en Chile, y en particular aquella referida a moluscos bivalvos, es una actividad que involucra a un importante contingente de trabajadores que desarrollan una actividad que, a pesar de sus dificultades, parece haber alcanzado niveles de sustentabilidad económica básica. Estos cultivos se desarrollan en un ambiente dominado por la mediana y gran empresa, la que ha ganado en forma continua y dinámica una creciente importancia mundial, nacional y regional.

La globalización de la acuicultura mundial amenaza la sustentabilidad a mediano y largo plazo de la APE nacional, al imponerle desafíos organizativos, tecnológicos y financieros que difícilmente podrán ser asumidos sin una ayuda manifiesta y eficiente del Estado. Así, debe generarse a la brevedad el Estatuto especial que haga más equitativo el acceso y la operación de unidades productivas de pequeña escala, y facilite e impulse la organización y capacitación de estos emprendedores, para mejorar su gestión, efectividad productiva y sistemas de comercialización, con el fin de asegurar ingresos sustentables a las personas involucradas.

Entre los elementos faltantes para impulsar un estatuto de la APE en Chile destaca la falta de una definición de lo que deberá llamarse «acuicultor de pequeña escala» en el país, para concentrar en ellos los programas asistenciales. Esta definición parece estar bien encaminada, aunque todavía se requieren mayores elementos de juicio para lograr un buen planteamiento.

Junto con lo anterior, deberán fijarse las metas a alcanzar por la APE en el horizonte cercano, y seguidamente, diseñarse la estrategia más apropiada para el logro de las mismas.

Cualquier programa asistencial que se diseñe para estos fines debe contar con sistemas de control interno acuciosos y requiere estar abierto al escrutinio público, para garantizar que no se repitan las fallas generalmente asociadas a programas de apoyo a pequeños productores, que casi sistemáticamente resultan en la pérdida de recursos públicos sin que se logren efectos positivos sustentables en el quehacer de trabajadores vulnerables y merecedores de la atención del Estado.

Los esquemas de auto-sustentación de la APE en Chile deben explorar y desarrollar las posibilidades asociativas entre pequeños y grandes productores, de manera que los segundos «abran» espacios laborales sustentables a los primeros a través de diversos esquemas a diseñar. Entre otros, convocándolos a venderle sus producciones en condiciones equitativas, y ofreciéndoles directamente asistencia técnica y financiera.

Obviamente que el costo de cubrir asistencialmente al gran número de productores independientes de pequeña escala sería enorme, de intentar aproximarse a ellos en forma individual. Por esto, el reforzamiento y la promoción de la eficiencia de los diversos tipos de asociaciones de productores constituyen pre-requisitos para cualquier acción Estatal efectiva.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- GESAM.** 2005. *Diagnóstico de la acuicultura de pequeña escala en Chile*, Informes Finales (documentos separados), Fases 1 y 2, Proyecto FIP 2004–26, Santiago, Chile.
- Larrañaga, O.** 2005. *Focalización de Programas en Chile: El sistema CAS*, The World Bank Institute, Washington, USA.
- Subsecretaría de Pesca.** 2003. *Política Nacional de Acuicultura* [www.subpesca.cl](http://www.subpesca.cl).
- Wurmann, C. y Moreno, G.** 2000. *La Comercialización y el mercado de productos pesqueros comestibles en Santiago de Chile*, INFOPESEA, Montevideo, Uruguay.



## Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura

Factores que afectan su sustentabilidad en América Latina

Taller Técnico Regional de la FAO

20-24 de agosto de 2007

Puerto Montt, Chile

Los documentos que figuran en este informe se han preparado como material de apoyo para el Taller Regional sobre el Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. El taller organizado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se celebró en Puerto Montt, Chile, del 20 al 24 de agosto de 2007, con la colaboración de la Universidad Austral de Chile (UACH). El taller reunió a expertos de los países de América Latina y del Caribe con el objetivo de (i) discutir aspectos técnicos y socioeconómicos relacionados con el cultivo y manejo de bivalvos; (ii) identificar las necesidades de investigación para el desarrollo futuro e inmediato; (iii) definir estrategias para aprovechar oportunidades y superar amenazas que enfrenta este tipo de producción animal; y (iv) recomendar medidas para la sustentabilidad de la industria productora de bivalvos. El informe analiza y presenta los resultados del taller que se han agrupado en los temas que siguen: (i) identificación de aspectos prioritarios, oportunidades de comercio y problemas enfrentados por el sector del cultivo y manejo de bivalvos en América Latina; (ii) lista priorizada de los principales temas de investigaciones y desarrollo que requieren los cultivos y el manejo de moluscos bivalvos en América Latina y en cada país; (iii) lista priorizada de las principales políticas gubernamentales, científicas e industriales que contribuyan a una estandarización de la calidad de los moluscos bivalvos en términos de seguridad alimentaria; y, (iv) lista priorizada de responsabilidades sociales y políticas que permitan un desarrollo sustentable de la producción de moluscos bivalvos. Al final se proponen acciones estratégicas de nivel nacional y regional para lograr un desarrollo sustentable de la acuicultura y el manejo de moluscos bivalvos en la región. Se espera que las recomendaciones de este taller sean consideradas por las agencias de desarrollo, agentes del estado y grupos de investigación y desarrollo, nacionales e internacionales, que tengan interés y responsabilidad en consolidar y hacer sustentable el crecimiento de este sector de la acuicultura.

ISBN 978-92-5-306115-0 ISSN 2071-1026



9 789253 061150

TC/M/0444S/1/11.08/1000