

III FIRMA
MÉXICO
2010



ORGANIZADO POR:
Fundación Sonora
Asociación Cultural del Foro de los Recursos Marinos y la Acuicultura de la Rías Gallegas

PATROCINADO POR:



III FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS
Y LA ACUICULTURA



Editores: Manuel Lira Valenzuela
César Lodeiros Seijo
Nieves González Henríquez,
Manuel Rey Méndez,
Alejandro Guerra Díaz
Jacobo Fernández Casal



III Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura

Hermosillo, Edo. Sonora, México

Esta obra se deberá citar como sigue:

Todo el libro:

Lira M., Lodeiros C., González N., Rey-Méndez M., Guerra A., Fernández J. 2011. II Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura. Fondo Editorial Fundación Sonora, Hermosillo, México. 494 pp.

Para un trabajo concreto (ejemplo):

Benítez C., Portillo C., Topete D. 2011. Proceso de regionalización sanitaria y su impacto en la acuicultura. Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. III: 267-275

Composición: Rosa M^a Martín García

Dep. Legal: C 2517-2011(CD); C 2518-2011(libro)

ISBN CD: 978-84-608-1252-4

ISBN Libro: 978-84-608-1251-7

Agradecimientos

Los organizadores del III Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura y la Asociación Cultural del Foro de los Recursos Marinos y la Acuicultura de las Rías gallegas, así como Fundación Sonora dan las gracias por la colaboración y apoyo prestado en la organización y desarrollo del III FIRMA 2010, a las siguientes entidades:

Instituto Nacional de Pesca, México (INAPESCA)

Comision Nacional de Acuicultura y Pesca, México (CONAPESCA)

Secretaria de Economía del Gobierno del Estado de Sonora, México

Subsecretaria de Pesca y Acuiculturadel Estado de Sonora, México

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, México (FIRA)

Universidad de Sonora, México

Universidad de Santiago de Compostela, España

Universidad de Oriente (UDO), Venezuela

Grupo de Investigación en Biología de Moluscos de la UDO, Venezuela

Instituto Canario de Ciencias Marinas, España

Oficina Técnica de Cooperación-Venezuela, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo

Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora, México (IAES)

Especialmente a Panorama Acuícola y Salvador Meza por todo el apoyo recibido.

A todas las instituciones, representantes de la mismas y personas que pudieron hacer posible el III FIRMA México 2010...

Muchas gracias!!!

Presentación

El panorama global de explotación de recursos marinos, la contaminación, el cambio climático y la indetenible duplicidad de la población, cada vez en menos tiempo, conduce a la búsqueda de alternativas de producción para la seguridad alimentaria de la humanidad. Estas características globales, no escapan a los países subdesarrollados, en vías de desarrollo y mucho menos a los países desarrollados. Es un reto de este siglo con responsabilidad de todos, y donde Iberoamérica, con sus recursos y espacios acuáticos disponibles, sin duda jugará un papel primordial, desarrollando entre otros sectores, una pesca consciente y una acuicultura sostenible en función de obtener alimentos sanos.

Iberoamérica en general y México en particular, no escapan de este escenario global, ya que mantienen una elevada tasa de natalidad y el consumo *per capita* de pescado, como un alimento sano sigue aumentando; sin embargo, algunos recursos pesqueros muestran signos de sobreexplotación: la sardina, el atún, el camarón, etc. Aunado a ello, el cambio climático avanza produciendo desastres e irregularidades en la naturaleza acuática.

En vista de lo anteriormente planteado, el *III Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura* (III FIRMA México 2010), junto con la Feria Internacional de Ofertas Tecnológicas para al Industria Acuícola, Pesquera y Proceso y Distribución (FITEC-AQUA), enmarcados en el 5º Foro Internacional de Acuicultura (FIACUI) realizado del 10 al 12 de noviembre del año 2010, en la ciudad de Hermosillo, estado de Sonora, México, reunieron expertos, académicos, funcionarios y empresas relacionadas con los recursos marinos y la acuicultura de México, Iberoamérica y otros países de importancia en el tema, cuya interacción propició un escenario de debate e intercambio, desarrollado principalmente a través de conferencias de elevada calidad y trabajos presentados en el marco del FIRMA, muchos de los cuales asientan dichos conocimientos e interacción en el presente libro. Ello, ha permitido, con un enfoque en México, dejar iniciativas para fijar objetivos comunes en función de atender la preocupación de la creciente degradación de los océanos y de las zonas costeras, promover el manejo sostenible de los recursos vivos marinos a través de una pesca razonable, recuperar los bancos naturales y promover la acuicultura, con un matiz de diversificación y tecnología empresarial.

El III FIRMA México 2010 celebrado en Hermosillo, con la alianza del FIACUI y FITEC-AQUA, estimuló aún más la creciente consolidación de los FIRMA, superando nuevamente todas las expectativas: en tan solo tres días de actividad se establecieron unas 25 conferencias del FIACUI-FIRMA, así como unos 35 trabajos presentados y más de 30 conferencias del FITEAC-AQUA, donde se establecieron varias propuestas tecnológicas para el desarrollo del aprovechamiento razonable de los recursos marinos y la acuicultura de México. Tal escenario sirvió colateralmente para la exposición de productos y programas de

unas 140 empresas del área, conjugándose la promoción, el negoció y políticas para el desarrollo.

El III FIRMA nos brindó, además, la oportunidad de poder discutir sobre el diagnóstico y la pertinencia de enfocar estrategias para la pesca y la acuicultura en México, donde se establecieron debates de importancia que, sin duda, guiarán entes gubernamentales y de promoción y desarrollo, particularmente del estado de Sonora, y al componente en formación, hacia una mejor administración pesquera y promoción de la acuicultura, con un desarrollo acuícola deseable. Por otra parte, el III FIRMA, también nos brindó la oportunidad de recibir conocimientos e interactuar con los organismos de intercambio de cooperación entre Iberoamérica y España.

El presente libro, pretende seguir avanzando en la consolidación y objetivos del FIRMA para y con Iberoamérica, dejando constancia del III FIRMA, como evento aliado del 5° FIACUI y el FITEC-Aqua, al presentar por escrito, tras una revisión de un comité de editores, unas 21 conferencias magistrales, así como 19 trabajos presentados en paneles, incluyendo cuatro ganadores de los premios al mejor trabajo y dos de éstos recibieron el primer y segundo lugar y los dos restantes menciones especiales, luego de ser evaluados en cuanto a calidad y pertinencia por un comité de expertos reconocidos internacionalmente.

En fin, sin duda alguna, los objetivos se cumplieron, observándose el crecimiento tras las semillas sembradas con el I FIRMA celebrado en Galicia (España) en 2007, consolidando este evento como uno de los más importantes en materia de evaluación, promoción y desarrollo de los recursos marinos, donde todos los sectores interactúan para conjugar soluciones presentes y futuras hacia una razonable administración de los recursos marinos y desarrollo de la acuicultura.

El comité editorial

III FIRMA México 2010

Comité Presidencial

Guillermo Padres Elias

Gobernador de Sonora, México

Ramón Corral Avila

Comisionado Nacional de Acuicultura y Pesca, México

Raul Romo Trejo

Director en Jefe del Instituto Nacional de Pesca

Hector Ortiz Ciscomani

Secretario de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura, Sonora, México

Prisciliano Meléndez Barrios

Subsecretario de Pesca y Acuicultura, México

Jorge Mazón Rubio

Presidente de Fundación Sonora

Manuel Rey Méndez

Presidente Asociación Cultural Foro Recursos Marinos y Acuicultura
Universidad de Santiago de Compostela, España

César Lodeiros Seijo

Coordinador General de los Foros Iberoamericanos de los Recursos Marinos y la Acuicultura, Universidad de Oriente, Venezuela

Manuel Lira Valenzuela

Presidente III FIRMA, México 2010, Fundación Sonora

Comité Ejecutivo

Comité científico

Mayra L. González-Félix

Lorena Bringas-Alvarado

Martín Pérez-Velázquez

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora

Nieves González Henríquez

Instituto Canario de Ciencias Marinas, Gobierno de Canarias, España

César Lodeiros Seijo

Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Venezuela

Comunicación

Meyling Tang

Asociación Cultural Foro Recursos Marinos y Acuicultura

Luis Fernández

Panorama Acuicola Magazine

Logística

Design Publications S.A. de C.V./Fundación Sonora

Secretariado

Asociación Cultural Foro Recursos Marinos y Acuicultura,

Universidad de Santiago de Compostela, España

Rosa M^a Martín García

Jorge Rodríguez Castro

**ASOCIACIÓN CULTURAL DEL FORO DE LOS RECURSOS MARINOS Y DE LA
ACUICULTURA DE LAS RÍAS GALLEGAS**

ORGANIZACIÓN

PRESIDENTE: Manuel Rey Méndez. Universidad de Santiago de Compostela

SECRETARIA: Rosa M^a Martín García.

TESORERO: Alejandro Guerra Díaz. Centro de Investigaciones Mariñas de Corón.

VOCAL: Jacobo Fernández Casal. Biólogo de Insuíña S.L.

VOCAL: Jorge Rodríguez Castro. Departamento de Bioquímica e Bioloxía Molecular da Universidade de Santiago de Compostela

VOCAL: Meyling Tang. Periodista.

COORDINADOR GENERAL FIRMA: César Lodeiros Seijo, Universidad de Oriente, Venezuela

Índice	Pág.
CONFERENCIAS FIRMA-FIACUI-FITEC	
Acuicultura de corvinas en el mundo	25
Cárdenas S.	
Microalgas como matéria-prima para biocombustíveis: uma opção eco-compatível para o aumento de eficiência na indústria sucroalcooleira	47
Andrade Nascimento I., Teles Domingues Cabanelas I., Santa Isabel Marques S., Andrade Pereira S., Vital Vich D., Nunes dos Santos J., Guerrieri Y.	
Principales especies cultivadas de peces planos en Europa	67
Fernández J., Romero R., Ruiz A.	
La agroindustria de peces marinos, oportunidad de desarrollo para México	75
Moreno C.	
Aplicaciones de la tecnología del ADN en la pesca y la acuicultura	85
Rey-Méndez M.	
Aprovechamiento integral de residuos en acuicultura. El caso de las islas Canarias	109
González-Henríquez N., Grimón Domínguez M.	
Proceso productivo para la obtención de jaiba de concha suave en un sistema cerrado	137
Chan V.T.	
Obtención de un proceso tecnológico para la producción de jaiba enlatada en aceite vegetal como una alternativa de aprovechamiento en el Edo. de Sinaloa, México	143
Puga L.D., Salazar N.I., Romero B.E., Torres H.M.R.	
Consideraciones básicas para la selección de especies, sitios y artes para maricultura en el Pacífico mexicano	155
Villalba L.A.	
Establecimiento de cultivo de peces en jaulas flotantes en lagunas costeras. Avances sobre el cultivo del híbrido de tilapia roja (<i>O. mossambicus</i> x <i>O. aureus</i>)	177
Zarain-Herzberg M., García-Camarena R.	
Cultivo del pargo flamenco en jaulas flotantes	187
Avilés-Quevedo M.A., Castelló-Orvay F., Mazón-Suástegui J.M.	

Tecnología de perlicultura en abulón	199
Monteforte M., Bervera H.	
Modelo bio-económico para la simulación del cultivo semi-intensivo de camarón	209
Valdenebro O.	
Valoración del crecimiento del huachinango (<i>Lutjanus peru</i>) en jaulas flotantes	221
Pérez-Velázquez P.A., Tovar-Ávila J.	
Procesos de producción para el escalamiento a nivel piloto experimental para el cultivo de pulpo rojo <i>Octopus maya</i> (Voss y Solis)	233
Rosas C., Caamal-Monsreal C., Mena R., Jiménez-Yan L.	
Plan de manejo de los factores de riesgo sanitario de la enfermedad de la mancha blanca	243
Magallón-Barajas F., Perez-Enriquez R., Aguiar L., Álvarez-Ruiz P., Benitez-García J., Cabanillas-Ramos J., Calvario-Martinez O., Casillas-Hernández R., Chávez-Sánchez C., Durán-Avelar M.J., Escobedo-Bonilla C., Escobedo-Urias D., Esparza-Leal H., Hernández-Llamas A., Hernández-López J., Ibarra C., Mejía-Ruiz H., Méndez-Lozano J., Montoya-Rodríguez L., Porchas-Cornejo M.A., Portillo-Clark G., Quintero N., Vázquez-Boucard C., Vibanco-Pérez N.	
Proceso de regionalización sanitaria y su impacto en la acuicultura	267
Benítez G.J., Portillo C.G., Topete D.G.	
Alianza estratégica y red de innovación de la industria acuícola: caso de éxito de una estrategia de vinculación entre la investigación y la industria	277
Perez-Enriquez R., Magallón Barajas F., Hernández López J.	
Perspectivas de la aplicación del ARN de interferencia en la industria camaronícola contra infecciones por WSSV	295
Mejía Ruiz C.H., Escobedo-Bonilla C.M.	
Microalgae production improvement for the ICCM's Marine Fish Hatchery, Gran Canaria, Spain	307
Moreno Alva M.	

PANELES

MEJOR TRABAJO PRESENTADO EN EL III FIRMA MÉXICO 2010: PRIMER LUGAR Efecto de inmunoestimulantes de origen microbiano en el tratamiento de camarón blanco (<i>Litopenaeus vannamei</i>) infectado experimentalmente con <i>Vibrio sinaloensis</i>	335
Flores-Miranda M.C., Luna-González A., Campa- Córdova A.I., Fierro-Coronado J. A.	

MEJOR TRABAJO PRESENTADO EN EL III FIRMA MÉXICO 2010: SEGUNDO LUGAR

Evaluación toxicológica del alga *Kappaphycus alvarezii* en la región Oriental de Venezuela 341
 Segnini M.I., Brito L., Neyra M., D'Armas H., Barrios, J.

MEJOR TRABAJO PRESENTADO EN EL III FIRMA MÉXICO 2010: MENCIÓN ESPECIAL

Dispersión y supervivencia de doradas (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en la isla de Gran Canaria (España): resultados preliminares 351
 Tavares D., Navarro P.G., Barrio J.M., Scolamacchia M., Moreno M., González, N.

MEJOR TRABAJO PRESENTADO EN EL III FIRMA MÉXICO 2010: MENCIÓN ESPECIAL

Diagnóstico de pesca y acuicultura de la costa norte de la península de Paria, Edo. Sucre, Venezuela..... 359
 Lodeiros C., Moreno A., Fajardo R., Tomas F., Castañeda J., Graziani C., Arocha F., Mendoza J., La Barbera A., Noguera P., Carpio M., Benítez A., Márquez A., Núñez M., Villarroel E., Vásquez E., Rivas K.

Análisis FODA del sector ostricultor artesanal de la provincia de Buenos Aires, Argentina 371
 Errazti E., Gualdoni P., Bertolotti M., Pagani A.

Capacidad inmunoestimulante de la vitamina D en el camarón argentino *Artemesia longinaris*..... 381
 Fernández Giménez A.V., Harán N.S., Pereira N.A., Sarasa M.V. y Fenucci J.L.

Cultivo del callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835) para su repoblación en la costa de Novolato, Sinaloa, México 389
 Góngora-Gómez A.M., Hernández Sepúlveda J.A., Diarte Plata G, Leal Sepúlveda A.L., Domínguez Orozco A. L.

Cultivo de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* para su repoblación en el sistema lagunar El Colorado, Ahome, Sinaloa, México 395
 Góngora-Gómez A., Hernández Sepúlveda J.A., García Ulloa-Gómez M., Domínguez Orozco A., Sarasa M.V., Fernández Gimenez A.V., Harán N.S., Fenucci J.L.

Elaboración y evaluación de ensilado biológico de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus*..... 399
 Bringas-Alvarado L., Zamorano-Ochoa A., González-Félix M.L., Navarro-García G., Cárdenas-López J.L., Pérez-Velázquez M.

Evaluación del efecto tóxico producido por *Prorocentrum lima* en células de branquia y hemolinfa de mejillón..... 409
 Flórez-Barrós F., Fernández-Tajes J., Méndez J.

Factibilidad de aclimatación del camarón azul, <i>Litopenaeus stylirostris</i>, a baja salinidad	417
Perez-Velazquez M., González-Félix M.L., Rosales-Leija M.	
Incubación de masas ovígeras del caracol chino <i>Muricanthus nigritus</i> (Muricidae) para su repoblación y preservación en Guasave, Sinaloa, México	423
Góngora Gómez A.M., Diarte Plata G., Villanueva Fonseca B.P., Hernández Sepúlveda J.A., Domínguez Orozco A.L.	
Ostricultura Industrial de la Provincia de Buenos Aires	429
Pagani A., Bertolotti M., Gualdoni P., Errazti E.	
Programa de maricultura y biología experimental (MARI)	437
Aristizabal E.O., Radonic M., López A., Suárez J., Vega A., Spinedi M., Martínez P., Boccanfuso J.J., Bianca F., Bernatene F.	
Programa investigaciones en economía pesquera del INIDEP. Enfoque y avances	443
Bertolotti M., Errazti E., Pagani A., Gualdoni, P., Vázquez F., Buono J.	
Resultados de la aplicación de técnicas de cultivo de moluscos bivalvos en criaderos bajo el modelo de empresa tutelada	451
Lastres M.A., Andrés C., Santamaría I., Guerra A.	
Tratamiento de efluentes de granjas de rodaballo (<i>Pesetta maxima</i>) en Galicia (España)	457
Guerra A., Marcet P., Otero M., Fernández J., González S.	
Utilización de pienso artificial para el incremento del índice gonadal en erizos (<i>Paracentrotus lividus</i> Lamark, 1816)	465
Grimón M., Vilches J., Briz O., Santana I., Navarro P.G., Tavares D.R., Barrio J. M., González N., Rey-Méndez M., Catoira J.L.	
Valorización socioeconómica del erizo <i>Diadema aff. antillarum</i> como nuevo recurso pesquero para la mejora ambiental de los fondos rocosos de Canarias, España (Atlántico central-oriental). Proyecto “DIADEMAR”	473
Navarro P.G., Barrio J.M., Briz O., Marrero M.F., Montenegro T., González N.	
Vitamina K en la dieta del camarón argentino <i>Artemesia longinaris</i> en cultivo	483
Sarasa M.V., Fernández Gimenez A.V., Harán N.S., Fenucci J.L.	
Índice de autores	491

Programa

5° Foro Internacional de Acuicultura FIACUI 2010, III Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura III FIRMA México 2010

Miércoles 10 de noviembre

- ◇ **8:00-10:00** Registro
- ◇ **10:00-10:30** Inauguración
- ◇ **10:30-12:00** Apertura y recorrido por exposición comercial
- ◇ **12:00-12:35** Operación de una engorda comercial en sistemas de recirculación de Jurel *Seriola lalandi* en Chile; laboratorio y engorda.
Daniel Elton Heavey. Gerente General de Acuícola del Norte S.A. Chile.
- ◇ **12:35-13:10** Una revisión del cultivo de peces marinos en tierra.
Andrew Campbell. Gerente de Akvasmart Chile S.A. Chile.
- ◇ **13:10-13:45** La acuicultura de Corvinas (Pisces: Sciaenidae) en el mundo.
Salvador Cárdenas. Instituto Andaluz de Investigación y Formación Agraria, Pesquera, Alimentaria y de la Producción Ecológica. España.
- ◇ **13:45-14:20** Cultivo de microalgas para la producción de bio-diesel.
Iracema Nascimento. Facultad de Tecnología y Ciencias, Universidad Federal de Bahía. Brasil.
- ◇ **14:20-16:00** Comida libre
- ◇ **16:00-16:35** Sistemas modulares de recirculación.
Darryl Jory. ECO-Systems, Inc. EE.UU.
- ◇ **16:35-17:10** Avances tecnológicos en el cultivo de peces marinos en el noroeste de México.
Juan Pablo Lazo. CICESE. México.
- ◇ **17:10-17:45** Cultivo de peces planos en Europa y el mundo.
Jacobo Fernández. Insuiña-Pescanova. España.
- ◇ **17:45-18:20** Sistemas de recirculación para pre-engorda y cultivo comercial de camarón.
Jorge Lango. Asesor Técnico de INVE. México.
- ◇ **18:20-20:00** Coctel de bienvenida en el área de Exposición Comercial.

Jueves 11 de noviembre

- ◇ **9:00-9:35** Cultivo de peces marinos en jaulas submarinas.
Steve Page. Ocean Farm Technologies Inc. EE.UU.
- ◇ **9:35-10:10** Cultivo de camarón en jaulas submarinas: la experiencia en Sonora.
Gustavo Valdez. Gerente de operaciones de Grupo Valcer. México.
- ◇ **10:10-10:45** Mejora del stock y producción de *Atractoscion nobilis* y *Seriola lalandi* en la costa oeste de los EE.UU.
Paula Sylvia. Programa de acuicultura marina en mar abierto de Hubbs-Sea World Research Institute. EE.UU.
- ◇ **10:45-11:20** Perspectivas del desarrollo de la acuicultura en áreas áridas de Sonora, México.
Sagiv Kolkovski. Grupo de Investigación y Consultoría en Maricultura, Depto. de Pesca. Australia.
- ◇ **11:20-13:00** Receso en área de Exposición Comercial.
- ◇ **13:00-16:00** Comida libre
- ◇ **16:00-16:35** Utilización de sistemas de recirculación en cultivo de peces marinos.
Daniel Benetti. University of Miami. EE.UU.
- ◇ **16:35-17:10** Ejemplos de financiamiento de proyectos de innovación y desarrollo de nuevos negocios en la acuicultura chilena.
Claudio Maggi Campos. Socio de INAP Ingeniería Aplicada y asesor de Salmon Chile.
- ◇ **17:10-17:45** La agroindustria de peces marinos, oportunidad de desarrollo para México.
Carlos Moreno. Fundación Sonora. México.
- ◇ **17:45-18:20** Aplicaciones de la tecnología del ADN en la pesca y la acuicultura.
Manuel Rey-Méndez. Universidad de Santiago de Compostela. España.
- ◇ **18:20-18:55** Servicios de ingeniería acuícola, sus etapas, herramientas y recomendaciones.
Joel Barraza. Universidad Católica del Norte. Chile
- ◇ **18:55-20:00** Receso en área de Exposición Comercial.

Viernes 12 noviembre 2010

- ◇ **9:00-9:35** Jaulas comerciales, fondeos y equipamiento para la acuicultura.
Cristián Swett. Gerente General de OCEA Chile. Chile.
- ◇ **9:35-10:10** Desarrollo empresarial, perspectivas y oportunidades del cultivo de

cobia en Mar abierto.

Richard Pretto. Open Blue Sea Farms. Panamá.

- ◇ **10:10-10:45** Qué más se necesita saber para el remplazo de la harina de pescado en alimentos acuícolas; moléculas clave en harinas de animales pecuarios.
Sergio Nates. Presidente de Fats and Proteins Research Foundation Inc. EE.UU.
- ◇ **10:45-11:20** Aprovechamiento integral de residuos en acuicultura.
Nieves González. Instituto Canario de Ciencias Marinas, Gobierno de Canarias. España
- ◇ **11:20-13:00** Receso en área de Exposición Comercial.
- ◇ **13:00-13:35** Remplazo de harina de pescado por harinas de animales pecuarios en dietas acuícolas; avances recientes. Albert Tacon. National Renderers Association. EE.UU.
- ◇ **13:35-14:10** Avances recientes en la sustitución de soya por harina de pescado en alimentos para la Acuicultura; una revisión actual.
Francisco de la Torre. National Soybean Association. EE.UU.
- ◇ **14:10-14:45** Diseño y operación de una planta para alimentos acuícolas; “llave en mano”.
Gerardo Romero. Rosal Mabrick de México. México.
- ◇ **14:45-16:30** Clausura en área de Exposición Comercial.

Feria Internacional de Ofertas Tecnológicas para la Industria Acuícola, Pesquera y de Procesos y Distribución FITEC-AQUA 2010

Miércoles 10 de noviembre

- ◇ **8:00-10:00** Registro
- ◇ **10:00-10:30** Inauguración
- ◇ **10:30-12:00** Apertura y recorrido por exposición comercial
- ◇ **12:00-12:35** La Propiedad Intelectual y su importancia en la transferencia de tecnología.
Jorge Amigo Castañeda. Director General del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. México.
- ◇ **12:35-13:10** Experiencias en la transferencia de tecnología en el sector agropecuario. Raymundo Vázquez. INIFAP. México.
- ◇ **13:10-13:45** Importancia económica del desarrollo tecnológico en el sector pesquero y acuícola.
Jorge Reyes. FIRA. México.
- ◇ **13:45-15:30** Comida libre

Propuestas tecnológicas

- ◇ **15:30-15:45** La innovación y desarrollo tecnológico pesquero como pieza clave de la pesca responsable. Caso selecto: la pesquería de camarón.
Daniel Aguilar. INAPESCA. México.
- ◇ **15:45-16:00** Producción de huevo de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) fuera de estación; proceso de adaptación y validación tecnológica.
Genoveva Ingle. INAPESCA. México.
- ◇ 16:00 - 16:15 Producción de jaiba mudada.
Arnulfo Hernández Díaz. Centro Universitario de la costa Sur, U. de G. México.
- ◇ 16:15 - 16:30 Proceso productivo para la obtención de jaiba de concha suave en un sistema cerrado.
Chan V.T. Centro de estudios Tecnológicos del Mar. México.
- ◇ **16:30-16:45** Producción de jaiba enlatada en aceite vegetal como una alternativa de aprovechamiento en el estado de Sinaloa, México.
Dagoberto Puga. Centro Regional de Investigación Pesquera de Bahía de Banderas. México.
- ◇ **16:45-17:00** Consideraciones básicas para la selección de especies, sitios y artes para maricultura en el Pacífico Mexicano.
Armando Villalba. Estrategia Pesquera. México.
- ◇ **17:00-17:15** Establecimiento de cultivos de peces en jaulas en lagunas costeras. Avances sobre el cultivo del híbrido de tilapia roja (*O. mossambica* y *O. aureus*) variedad cubana, en ambiente marino.
Martha Zarain-Herzberg. Centro de Ciencias de Sinaloa. México.
- ◇ 17:15 - 17:30 Producción en criadero de huevos y alevines de pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*).
Armando García Ortega. CIAD Mazatlán. México.
- ◇ 17:30 - 17:45 Protocolo preliminar para el cultivo intensivo de la corvina golfina (*Cynoscion othonopterus*). Componente: producción de crías.
Francisco Hoyos Chairez. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora. México.
- ◇ **17:45-18:00** Cultivo de pargo flamenco en jaulas flotantes.
Araceli Avilés. Centro Regional de Investigación Pesquera-Instituto Nacional de Pesca
- ◇ **18:00-20:00** Coctel de bienvenida en el área de Exposición Comercial.

Jueves 11 de noviembre

- ◇ 9:00-9:35 Programas para el desarrollo y la transferencia de tecnología en México.
Marco Linné Unzueta. INAPESCA. México.
- ◇ **9:35-10:10** Experiencias en la comercialización y venta de paquetes tecnológicos en acuicultura.
Pablo López. Tecnoplades. México.
- ◇ **10:10-10:45** Riesgo incertidumbre en acuicultura y su efecto en decisiones de producción.
Marcelo Araneda. Universidad Marista de Mérida. México.
- ◇ **10:45-13:00** Receso en área de Exposición Comercial.
- ◇ **13:00-15:00** Comida libre

Propuestas tecnológicas

- ◇ **15:00-15:15** Cultivo ecoeficiente de langosta de agua dulce (redclaw).
Humberto Villarreal. CIBNOR. México.
- ◇ **15:15-15:30** Jaulas múltiples para cultivos marinos y dulceacuícolas en México.
Alfredo Emmanuel Vázquez. Instituto Tecnológico de Mazatlán. México.
- ◇ **15:30-15:45** Sistema integrado de producción: Floc-Acuaponia.
Carlos León. BoFish. México.
- ◇ **15:45-16:00** Maternización y pre-engorda intensiva de *Litopenaeus vannamei* en sistemas autotrócos y heterotrócos basados en biopelículas y bioóculos.
Luis Rafael Martínez Córdova. DICTUS, Universidad de Sonora. México.
- ◇ **16:00-16:15** Protocolo para el cultivo intensivo de la almeja negra (*Chione uctifraga*). Componente: producción de semillas.
Francisco Hoyos Chairez. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora. México.
- ◇ **16:15-16:30** Tecnología de perlicultura en abulón.
Mario Monteforte. CIBNOR. México.
- ◇ **16:30-16:45** Avances y perspectivas de la producción de crías de robalo en México.
L. Ibarra Castro. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, UNAM. México
- ◇ **16:45-17:00** Modelo bio-económico para la simulación del cultivo semi-intensivo de camarón.
Odilón Valdenebro. Instituto Tecnológico de Sonora. México.

- ◇ **17:00-17:15** Valoración del crecimiento del huachinango (*Lutjanus peru*) en jaulas flotantes.
Alejandro Pérez Velázquez. Centro Regional de Investigación Pesquera Bahía de Banderas, INAPESCA. México
- ◇ **17:15-17:30** Fijación de larvas de ostión por los propios productores.
Leonardo Varela-Espinoza. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora. México.
- ◇ **17:30-17:45** Producción masiva de crías de botete diana (*Sphoeroides annulatus*) en cautiverio.
Luis Robles. Instituto de Acuicultura y Pesca del Estado de Jalisco. México.
- ◇ **17:45-18:00** Cultivo de pulpo.
Carlos Rosas. Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, UNAM. México
- ◇ **18:00-20:00** Receso en área de Exposición Comercial.

Viernes 12 noviembre 2010

- ◇ **9:00-9:35** Plan de manejo de los factores de riesgo sanitario de la enfermedad de la mancha blanca.
Francisco Magallón. CIBNOR – La Paz. México.
- ◇ **9:35-10:10** Proceso de regionalización sanitaria y su impacto en la acuicultura.
Jorge Benítez. Comité de Sanidad Acuícola del estado de Sonora. (COAES). México.
- ◇ **10:10-10:45** La nueva Ley de la FDA y las expectativas de comercialización de productos acuícolas en los EE.UU.
Arturo Jessel. SAGARPA. México.
- ◇ **10:45-12:30** Receso en área de Exposición Comercial.
- ◇ **12:30-13:05** Estrategia de vinculación entre la investigación y la industria; la Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI); como caso de éxito.
Ricardo Pérez. CIBNOR – La Paz. México.
- ◇ **13:05-13:40** Perspectivas de la aplicación de RNA de interferencia a la industria camaronícola contra infecciones por el virus de la mancha blanca (WSSV).
Humberto Mejía Ruiz. CIBNOR – La Paz. México.
- ◇ **13:40-14:15** Ostión Japonés: Avances en la conformación de una población base en México y perspectivas para la implementación de un programa de mejoramiento genético.
Ana María Ibarra. CIBNOR – La Paz. México.

- ◇ **14:15-14:50** Mercado del camarón.
Ángel Rubio. Urner Barry. EE.UU.
- ◇ **14:50-16:00** Clausura en área de Exposición Comercial.

Conferencias

Acuicultura de corvinas en el mundo

Cárdenas S.

Departamento de Producción, Centro IFAPA *El Toruño*, Junta de Andalucía, Cádiz, España.
salvador.cardenas.rojas@juntadeandalucia.es

Introducción

Las corvinas pertenecen a la familia de los Esciénidos, incluyendo 270 especies en el mundo distribuidas en regiones de aguas cálidas y tropicales. Están bien representadas en el Indo-Pacífico (65 especies), el Caribe (17 géneros), en aguas templadas de los océanos Atlántico y Pacífico, lagos de la cuenca amazónica (dos especies) y en el Mediterráneo (cinco especies).

En general, son especies de comportamiento gregario que viven en aguas costeras desde la franja litoral hasta mayores profundidades (250-350 m), sobre fondos arenosos, fangosos y en algunos casos entre rocas. Resisten cambios bruscos de salinidad que les permiten penetrar en las desembocaduras de ríos y lagunas estuáricas. Las puestas tienen lugar en la franja costera o cerca de estuarios, hasta donde son transportadas las larvas. Los juveniles explotan generalmente diferentes hábitats hasta que llegan a adultos y alcanzan la madurez sexual (entre uno y seis años de edad). Algunas especies de Esciénidos tienen un considerable valor comercial.

El cultivo de las corvinas, aparte de los fines conservacionistas debido al retroceso de sus poblaciones en países como Estados Unidos y China, se debe a sus excelentes características biológicas, con unas elevadas tasas de crecimiento en todas las etapas de desarrollo y unos buenos índices de conversión, y a su buena aceptación por parte de los consumidores. Además, presenta la ventaja añadida de que se trata de especies eurihalinas, con un amplio rango de tolerancia de salinidad (entre 0 y 75 ppt), lo que permite su adaptación a ambientes muy diversos.

Otra de las ventajas de los Esciéndidos de zonas templadas es el gran tamaño del huevo (1,2-1,4 mm) que permite su fácil cría larvaria. Estos peces también pueden alcanzar tallas máximas de 1,5-2,9 m en longitud y 40-100 kg en peso. El gran número de especies de Esciéndidos subtropicales y tropicales contribuye al aumento de la biodiversidad de estas regiones.

Varias especies de Esciéndidos están siendo criadas en el mundo, bien para repoblar áreas naturales que se encuentran sometidas a una gran presión humana o como base para la producción de alimentos: corvina (*Argyrosomus regius*), cultivada recientemente en el Mediterráneo (España, Francia, Italia y Marruecos); verrugato del sur (*Argyrosomus japonicus*) en Australia y Taiwan; corvina (*Cilus gilberti*) en Chile; corvina blanca (*Atractoscion nobilis*) en las costas de California, corvina pinta (*Cynoscion nebulosus*) y corvina roja (*Sciaenops ocellatus*) en el Golfo de México, y corvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*) en China. La producción mundial de corvinas rondaba en 2008 las 124.000 t, siendo las principales especies producidas *Pseudosciaena crocea* y *Sciaenops ocellatus*, y las correspondientes al género *Argyrosomus* sp. (Fig. 1). Daremos un repaso general especie por especie (por orden alfabético) sobre las características biológicas y acuícolas de estos Esciéndidos.

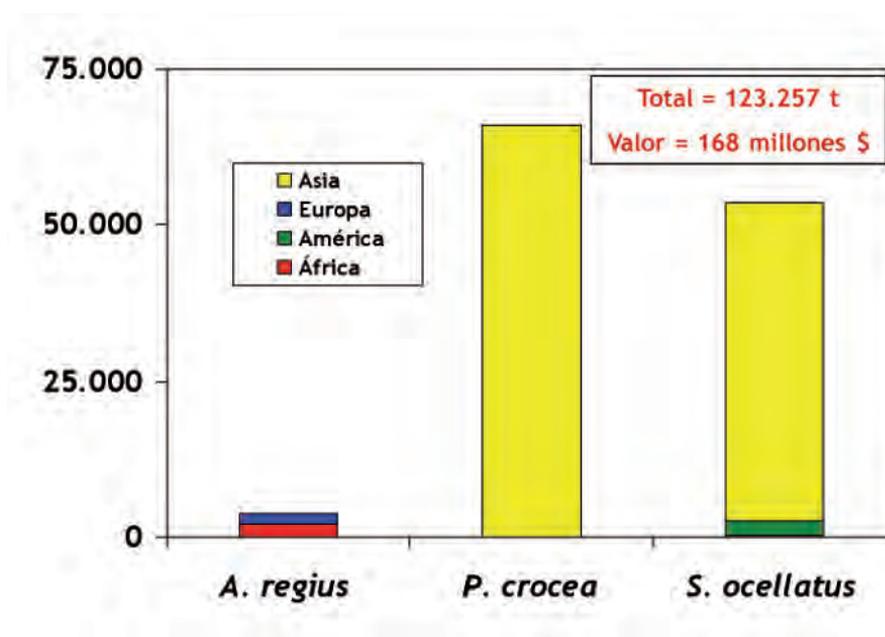


Figura 1.-Producción mundial de corvinas en 2008 (FAO, 2010).

Las corvinas necesitan para su engorde una proporción superior al 45 % de proteínas en su dieta, debido a su alimentación básicamente carnívora (Chatzifotis *et al.*, 2006; Duan *et al.*, 2001; Jirsa *et al.*, 1997; McGoogan *et al.*, 1999; Pirozzi *et al.*, 2010; Turano *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2006a) (Fig. 2), lo que ha obligado a los investigadores a realizar frecuentes ensayos de sustitución de las harinas de pescado por otras de menor coste, así Quintero

(2009) con *A. nobilis* estableció un mínimo del 40 % de harina de pescado en la dieta (Fig. 3), mientras Zhang *et al.* (2008) con *P. crocea* estableció un mínimo del 30 % de harina de pescado en la dieta.

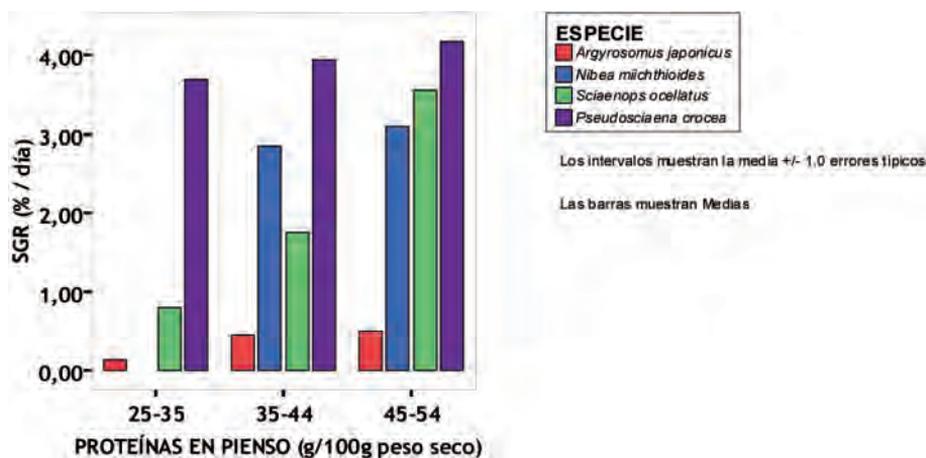


Figura 2.- Crecimiento específico (SGR) de especies de corvinas en función del contenido proteico del pienso. Recopilado de Duan *et al.* (2001), Jirsa *et al.* (1997), McGoogan y Gatlin (1999), Pirozzi *et al.* (2010), Turano *et al.* (2002) y Wang *et al.* (2006a).



Figura 3.- Crecimiento específico (SGR) de *A. nobilis* en función del contenido de harina de pescado en la dieta (Quintero, 2009).

Mejores resultados han obtenido Wang *et al.* (2006b) con *Nibea michthioides* y Estévez *et al.* (2010) con *A. regius* con mínimos entre 15 y 24 % de harina de pescado en la dieta (Fig.4).

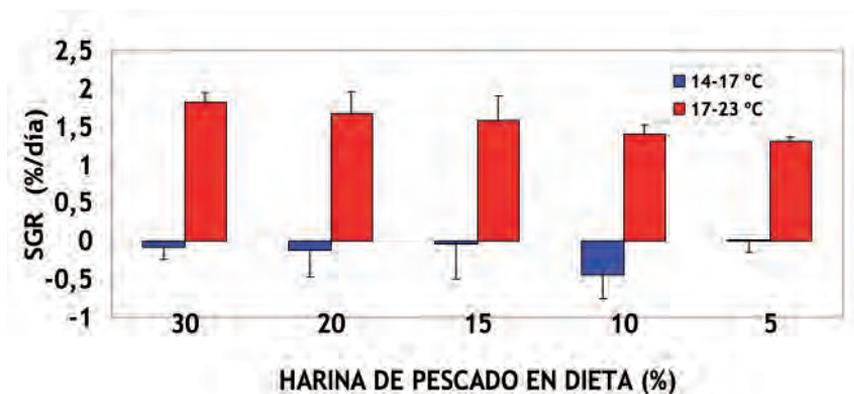


Figura 4.- Crecimiento específico (SGR) de *A. regius* en función del contenido de harina de pescado en la dieta y de la temperatura del agua (Estévez *et al.*, 2010).

Argyrosomus japonicus (verrugato del sur)

Argyrosomus japonicus habita las aguas del sur y centro de Australia, desde Queensland hasta Australia Occidental. También están presentes en Sudáfrica, Namibia, Madagascar e India. Puede vivir hasta los 30 años y crecer hasta los 2 m de longitud. La puesta se desarrolla a una salinidad aproximada entre 30 y 35 ppt. Las hembras maduran cuando alcanzan 10 kg y pueden liberar un millón de huevos en una sola puesta. Los huevos tienen aproximadamente 1 mm de diámetro. Las larvas necesitan una salinidad entre 5-35 ppt, y temperaturas entre 18 y 25 °C, aunque podrían tolerar hasta los 30 °C. La supervivencia larvaria hasta el destete es de 15-20 %. Los límites de tolerancia de la temperatura para los adultos se encuentran entre 5 y 38 °C.

La salinidad óptima para el crecimiento de los juveniles es de aproximadamente entre 5-12 ppt. Sin embargo, *A. japonicus* prefiere aguas con alguna influencia marina, pero puede sobrevivir en agua dulce durante cortos periodos de tiempo, pudiendo tolerar un amplio intervalo de salinidad entre 5 y 35 ppt. La incidencia de enfermedades es baja por debajo de una salinidad de 5 ppt. Los juveniles pueden crecer una media de 21 gramos (121 mm) en 180 días a una temperatura de 18 °C.

Esta especie se empezó a criar en Australia por primera vez en 1992, y desde entonces, un gran número de alevines se ha producido con éxito en el Provincia de Nueva Gales del Sur usando técnicas de fertilización de estanques. Más de 120.000 alevines con un valor de 0,90 dólares australianos por alevín se han producido en criaderos comerciales entre 2001-02 (Anónimo, 2003). Esta especie presenta buenos atributos para ser engordada en jaulas, tales como su preferencia por formar cardúmenes, su gran capacidad para adaptarse a la cautividad, su docilidad para realizar inspecciones sanitarias. Además pasa largos periodos observando sus alrededores en vez de nadar continuamente. El ahorro de energía que este compor-

tamiento supone, trae como resultado un crecimiento más rápido (PIRSA, 2001).

La verrugato del sur crece bien en tanques, estanques y jaulas flotantes, alcanzando la talla comercial de 800-1.200 gramos al cabo de 16-26 meses de engorde a temperatura ambiente (Tabla I), aunque la talla preferida parece estar entre 500 y 700 gramos.

Tabla I.- Engorde de *A. japonicus* en distintos sistemas de producción.

Recinto	Estanques	Tanques	Jaulas
Duración (días)	480	720	780
Temperatura (°C)	9 - 30	¿?	--
Peso inicial (g)	1	1	--
Peso final (g)	800	1.200	1.100
Carga final (kg/m ³)	15	25	--
SGR (%/día)	0,98	1,39	--
FCR	1,13	1,10	--
Referencia	PIRSA, 2001	PIRSA, 2001	Love , Langenkamp, 2003

Argyrosomus regius (corvina)

La corvina (*Argyrosomus regius*) es una especie cuyo cultivo se está implantando sólidamente en el Mediterráneo, debido a sus excelentes características biológicas, con unas elevadas tasas de crecimiento en engorde y unos buenos índices de conversión, a su precio de mercado medio-alto (10 €/kg) y a su buena aceptación por parte de los consumidores. Además, presenta la ventaja añadida de que se trata de una especie eurihalina, con un amplio rango de tolerancia de salinidad, lo que permite su adaptación en ambientes muy diversos, incluso la cría terrestre en aguas salobres, además de resistir perfectamente la cautividad, como demuestra su presencia en grandes acuarios comerciales.

Varios autores han reseñado también la importancia de desarrollar el cultivo de corvina con fines conservacionistas debido al retroceso que sus poblaciones han sufrido en varias zonas, causado por la presión pesquera a la que se ve sometida y a la contaminación y degradación de sus zonas de puesta y alevinaje (Quero, 1989; Sadovy y Cheung, 2003). Las poblaciones mediterráneas de esta especie han sufrido un alarmante retroceso, pudiéndose considerar extinguida en áreas como las Islas Baleares (España), donde antaño era una captura relativamente frecuente, con presencia habitual en los mercados. La vulnerabilidad de esta especie, como muchos otros miembros de su familia, es muy grande, a pesar de su elevada fecundidad, ya que su distribución geográfica en aguas costeras, altamente explotadas, y sus agregaciones estuáricas en época reproductiva, junto con su valor de mercado, la hacen objeto de una pesca intensiva y fácil de localizar en tiempo y espacio. Además, la

asociación de la puesta a ambientes estuáricos es, en sí misma, una amenaza a la propagación de la especie, debido a la degradación y contaminación de muchas de estas áreas costeras. Así, la cría en cautividad de la especie es también interesante desde el punto de vista de la repoblación de pesquerías tradicionales sobreexplotadas o extinguidas, como es el caso de gran parte del litoral mediterráneo español.

La reproducción en cautividad aún depende de la inducción hormonal, ya que no se dispone de la zootecnia suficiente como para producir puestas naturales en este sistema. En España se han conseguido desde 2006 puestas en cautividad mediante inducción hormonal con una producción de 320.000 huevos/kg hembra. Para la inyecciones hormonales se recomienda el uso de inyecciones en la base de las aletas pelvianas de los reproductores de corvina, a una dosis de 20 µg/kg de análogos de GnRH para los machos y de 40 µg/kg para las hembras (Cárdenas, 2010a). También se ha desarrollado la zootecnia larvaria, con avances en el establecimiento de la secuencia alimenticia, con destetes a los 20 DDE, una supervivencia media del 30 % (supervivencia máxima = 63 %) y un crecimiento 4-10 mg a los 30 DDE (Cárdenas, 2010b).

En cuanto al preengorde y engorde de *A. regius* se han obtenido resultados satisfactorios mediante el uso de piensos comerciales específicos para esta especie. En España hemos realizado estudios sobre las necesidades proteicas y energéticas de esta especie (Martínez *et al.*, 2010), crecimiento y aprovechamiento durante la fase de preengorde (Rodríguez-Rúa *et al.*, 2008; Cárdenas *et al.*, 2009), determinación de la tasa y frecuencia de alimentación (Alvarado *et al.*, 2010; Bajandas *et al.*, 2010; Cárdenas y Rodríguez-Rúa, 2010). También se han realizado investigaciones sobre el estrés producido durante la fase de preengorde a distintas cargas y temperaturas (Lavié *et al.*, 2008) y la tolerancia a diferentes salinidades (Tinoco *et al.*, 2009), aportando una valiosa información que debe llegar hasta los productores con el objetivo de optimizar el cultivo de la misma.

La corvina presenta unas expectativas excelentes de engorde en viveros flotantes y estanques de tierra, alcanzándose un peso medio de 1 kg al año, a partir de alevines de criadero de 20 g de peso medio y con un FCR=2 (Cárdenas *et al.*, 2010a). Sin embargo, presenta una peor adaptación al engorde en tanques, donde las corvinas se muestran excitadas debido al estrés causado por el confinamiento entre paredes de plástico u hormigón. Nuestra experiencia de engorde en viveros flotantes nos ha demostrado que la corvina presenta un comportamiento tranquilo, de fácil manejo, y una adaptación excelente a las condiciones de cautividad, sin presentar manifestaciones patológicas relevantes. También se han realizado ensayos de engorde en estanques de tierra a distintas salinidades, donde se observó un mayor crecimiento a baja salinidad de 13 g/L (822 g), que a una salinidad normal de 36 g/L (328 g) (Muñoz *et al.*, 2008).

Desde el punto de vista comercial, la corvina presenta un elevado interés, debido a la

posibilidad de comercializar tanto el pescado entero como productos elaborados. Son varios los estudios que han evaluado los cambios cualitativos y cuantitativos en la calidad y frescura del producto, tanto entero como fileteado (Hernández *et al.*, 2009), así como la aceptación del producto por el consumidor (García-García *et al.*, 2008), atribuyendo a la corvina unas buenas características y condiciones para ser conservada en condiciones de refrigeración durante largos periodos de tiempo, pudiendo ser comercializada tanto entera como procesada.

A partir de esos estudios para determinar el perfil sensorial que caracteriza a la corvina, ésta podría definirse así: a) La carne de corvina presenta una coloración blanca amarillenta y una estructura visual poco marcada, aunque la carne se separa con facilidad con ayuda de un tenedor; b) Tiene un olor a mar de intensidad moderada-alta; c) Tiene un ligero sabor dulce, atributo poco común en pescados, que lo hace agradable y apetecible, además de sabor fresco a mar, con una intensidad moderada-alta y una persistencia baja. La corvina tiene una carne bastante firme, que requiere poco esfuerzo para ser masticada, posee una fibrosidad intermedia, jugosidad notable y carácter poco graso. Este último atributo sensorial puede considerarse como positivo por varias razones, por un lado porque el consumidor actual demanda alimentos poco grasos, y por otro, porque su bajo contenido graso aumenta su conservación. Teniendo en cuenta el perfil sensorial de la corvina, consideramos que se trata de una especie que puede tener una importante acogida en el mercado, especialmente por su sabor y su textura. Además, dadas las características de su carne, resulta muy adecuada para ser comercializada en forma de filetes refrigerados, congelados e incluso podría ensayarse su envasado en atmósferas modificadas, pudiéndose elaborar con ella diversos y variados platos.

En el trabajo de Nunes *et al.* (2003) se ha analizado la composición bioquímica de 27 especies de peces comerciales, habiéndose clasificado los mismos en función de su calidad nutricional en tres categorías:

- *Categoría A (Pescados magros o blancos)*: Lípidos < 5%; 10 % < Proteínas < 20 %
- *Categoría B (Pesados grasos o azules)*: 5 % < Lípidos < 15%; 10 % < Proteínas < 20 %
- *Categoría C (Pescados supergrasos)*: Lípidos > 15 %; Proteínas < 15 %

y como resultado de sus análisis la corvina quedó clasificada en la Categoría A, lo que nos indica que el nombre común de “*magro*” en inglés (*meagre*) o francés (*maigre*) está totalmente justificado, incluso para la corvina de crianza (Fig.5).

Los estudios que se han realizado en España sobre producción de corvina y sobre el producto final pueden satisfacer las demandas del sector empresarial que se ha consolidado en el engorde de corvina y que a su vez demandaban estudios de comercialización. Nuestros avances en este campo, gracias al *Plan Nacional de Cría de la Corvina* (PLANACOR) financiado por JACUMAR (MARM) y a los *Proyectos INIA* (MCT) que hemos desarrollado en España seis centros I+D españoles entre los años 2005-2010, confirman la buena calidad de

la corvina engordada en distintas instalaciones y su potencialidad, superior a la que hemos encontrado en otros sectores de la piscicultura marina.

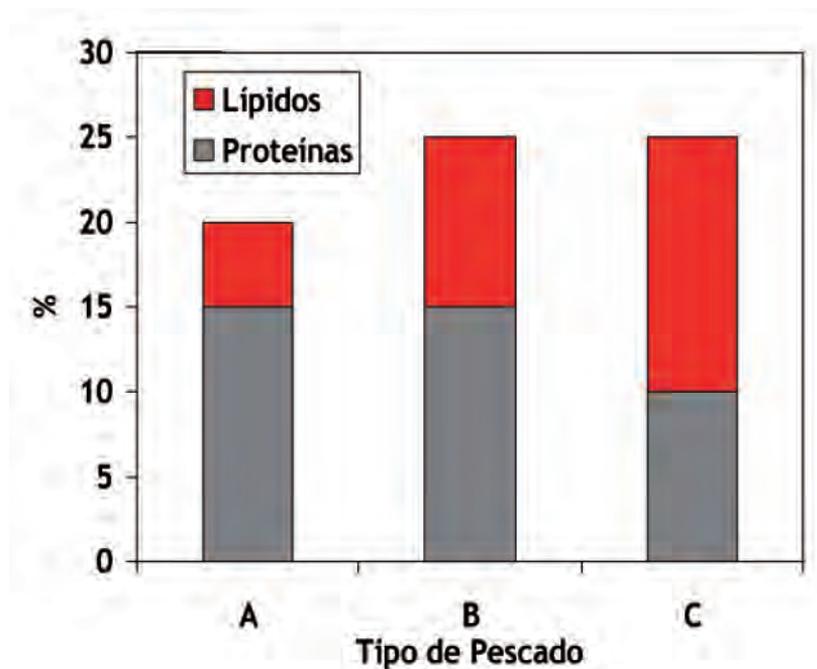


Figura 5.- Clases de pescado en función de su contenido graso (ver texto). Las corvinas están en la clase A (Nunes *et al.*, 2003).

La producción de corvina en España en 2009 ha sido de 1.660 t, con previsiones de producción para 2010 de 3.180 t (Fig. 6). *Argyrosomus regius* es la cuarta especie importante de la piscicultura marina en España. Su producción a gran escala es ya un hecho, siendo la comercialización su principal freno, ya que no es una especie conocida de forma general en los mercados. La producción en los criaderos andaluces ha sido de 844.0000 alevines de 1 g de peso medio (Cárdenas *et al.*, 2010b). Por tanto, estamos ante una especie con un enorme potencial, y, en vista de la evolución que su producción sufrirá en años venideros, resulta necesaria una puesta a punto de los sistemas de cultivo, reproducción, preengorde y engorde, así como de nuevos estudios de mercado y de procesado que auguren un buen futuro para los productores que deseen dirigir su trabajo hacia nuevas especies.

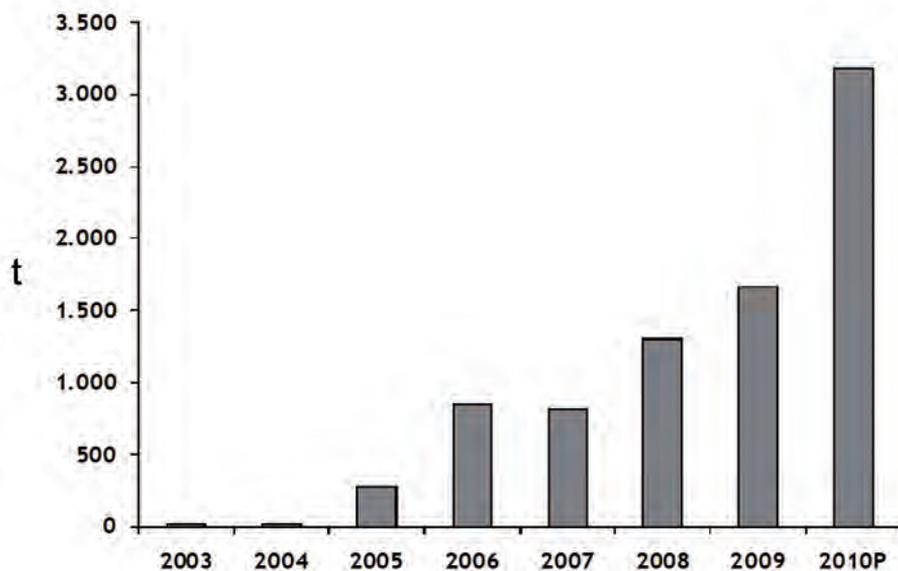


Figura 6.- Evolución de la producción española de *Argyrosomus regius* (APROMAR, 2010).

Atractoscion nobilis (corvina blanca)

La corvina blanca es el miembro de la familia de los Esciénidos que alcanza el mayor tamaño en las costas de California. Se distribuye desde Baja California hasta la Bahía de San Francisco, pudiéndose adentrar en el Golfo de California. Se reproduce entre abril y agosto. Los huevos de la corvina blanca son los más grandes de dicha familia (1,24-1,32 mm), cuya larva alcanza los 3 mm tras la eclosión de los huevos (Moser *et al.*, 1983) y los 14 mm a los 31 DDE (Valverde, 2002).

La primeras puestas en cautividad se obtuvieron en 1982, y en 1999 se repoblaron 375.000 juveniles en el sur de California, estimándose que 18.000 juveniles sobrevivieron (Vojkovich y Crooke, 2001). Durante la larvicultura esta especie acepta altas iluminaciones en los tanques de cría entre 3.000 y 15.000 lux sin merma en su crecimiento (Fig. 7).

Los ensayos realizados por investigadores mexicanos sobre las necesidades lipídicas en la dieta de las larvas de esta especie dieron como resultado que el contenido adecuado para el óptimo crecimiento de las mismas se situaba entre 15 y 18 % de la composición del alimento (López *et al.*, 2006) (Fig. 8), resultados que concuerdan con los obtenidos en otras especies de corvinas en diversas etapas de su desarrollo (Ai *et al.*, 2008; Chatzifotis *et al.*, 2010).

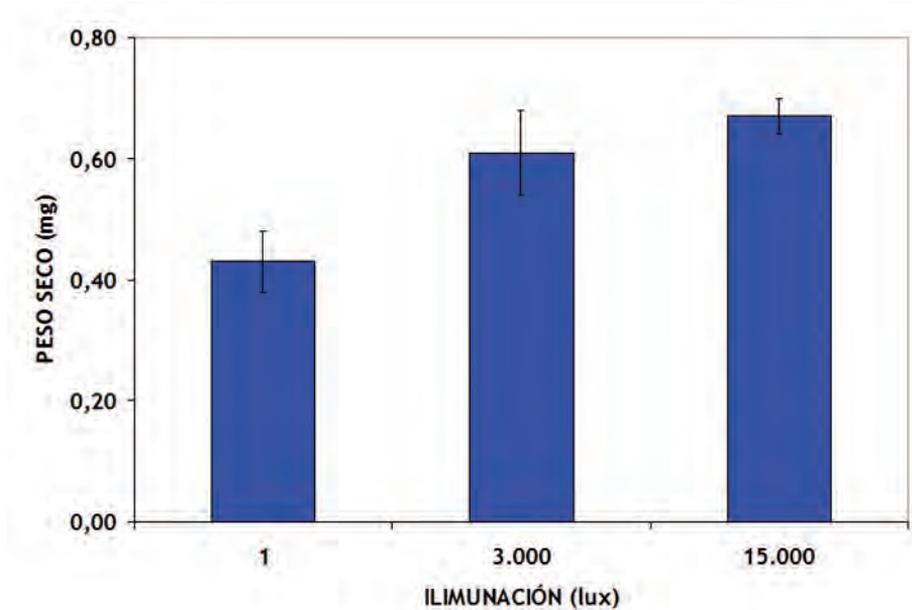


Figura 7.- Crecimiento ponderal de larvas de *Astractoscion nobilis* (Jirsa *et al.*, 2009) en función de la iluminación.

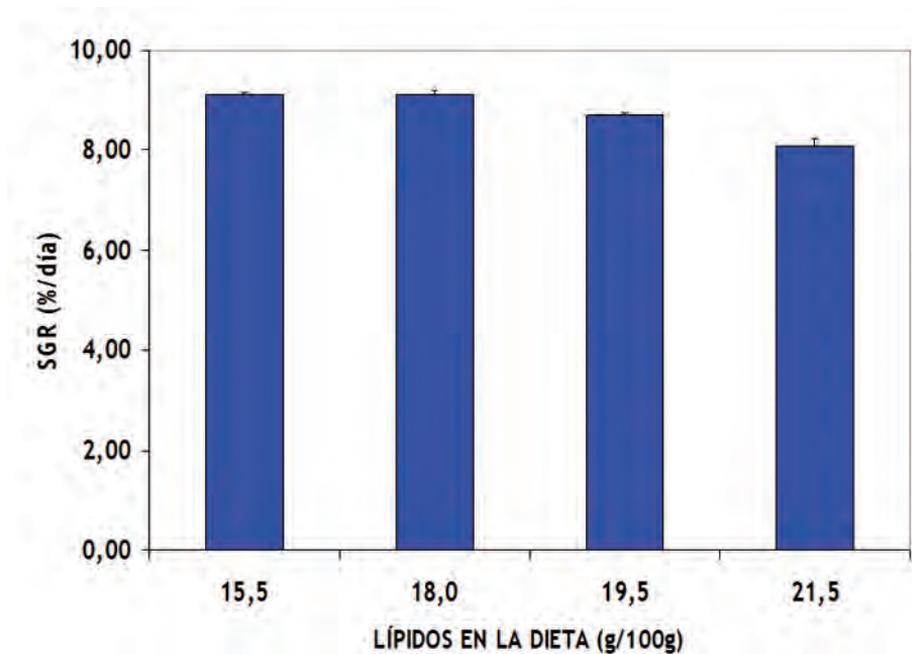


Figura 8.- Crecimiento específico (SGR) de juveniles de *Astractoscion nobilis* en función del contenido lipídico de la dieta (López *et al.*, 2006).

Cilus gilberti (corvina)

La corvina tiene su mayor presencia geográfica en Chile y abarca la zona comprendida entre Iquique y Chiloé, entre los 20° y 45° latitud sur. Sin embargo, también se han capturado ejemplares en zonas más apartadas como en el Perú y en la duodécima región de Chile. Su ubicación en cuanto a la batimetría corresponde a la zona sublitoral superior, la cual se extiende desde el límite inferior de las mareas hasta los 20-40 m de profundidad, justo en el límite donde se desarrollan las grandes algas café y los sectores de rompientes, playas arenosas e incluso en aguas mixohalinas.

Cilus gilberti se alimenta de un amplio espectro trófico, mostrando una marcada alternancia en la composición dietaria durante el ciclo anual, destacando la preferencia por pequeños peces tales como sardinas, anchovetas- en épocas invernales- y pequeños crustáceos- en verano-, tales como misidáceos y en menor medida los eufásidos, anfípodos e isópodos (Oyarzún *et al.*, 2002). Los ejemplares adultos de esta especie alcanzan más de 1 m de longitud, con un peso de hasta 50 kg. En los mercados abundan individuos de alrededor de 50 cm de largo.

La oferta de corvina proviene exclusivamente de las pesquerías, ya que no existe cultivo de esta especie. La pesquería de corvina se realiza principalmente en Chile y Perú, aunque sólo existen datos referentes a las capturas en el primero. Los volúmenes de captura son relativamente reducidos y durante la última década el máximo fue de 2.150 t en 1993, para luego disminuir gradualmente hasta las 747 t en el año 1999.

Se han realizado avances en las técnicas de captura y acondicionamiento de reproductores de corvina, que son extraídos en su ambiente natural por pescadores artesanales y transportados vivos a los estanques de acondicionamiento de la Estación Experimental Quillaipe de la Fundación Chile (Augsburger, 2006). En aspectos reproductivos se han descrito protocolos y metodologías para la inducción al desove, fecundación e incubación; además se han desarrollado técnicas de cultivo para las larvas, juveniles (Fig. 9) y reproductores. En los aspectos nutricionales se han formulado distintas dietas experimentales para cada una de las etapas del ciclo biológico (Aburto, 2005; Ureta *et al.*, 2009).



Figura 9.- Alevines de *Cilus gilberti* producidos en la Fundación Chile (Fotografía: cortesía de Marcela Ureta).

***Cynoscion nebulosus* (corvina pinta)**

La corvina pinta puede llegar a los 18 años de edad y alcanzar los 150 cm de talla máxima. Se distribuye desde Massachussets (EE.UU.) hasta el Golfo de México, siendo más abundantes en las costas de Florida y norte del Golfo, donde pueden soportar salinidades entre 0 y 37 ppt. La reproducción natural abarca desde abril hasta octubre en el Golfo de México. Los machos maduran a los 2-3 años, mientras las hembras lo hacen a los 3-4 años, cuando los ejemplares llegan a los 26-29 cm (Hill, 2005; Brown-Peterson *et al.*, 2002).

La producción de alevines en los criaderos se realiza habitualmente a partir de puestas obtenidas mediante tratamiento hormonal en EE. UU. (Thomas y Boyd, 1988; Apeitos *et al.*, 2010) y México (Sánchez *et al.*, 2010), alcanzando supervivencias larvarias del 40 % a los 30 días después de la eclosión (DDE) y 2 g de peso a los 60 DDE (Fig. 10).

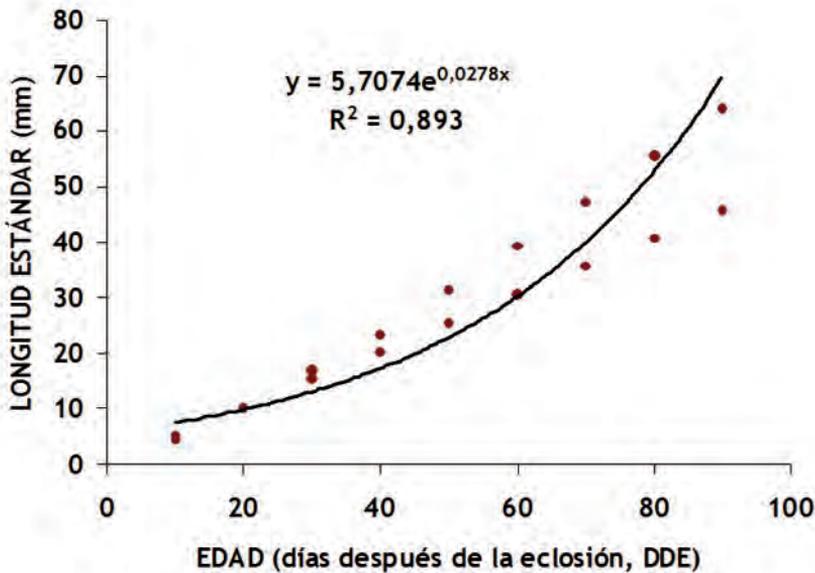


Figura 10.- Crecimiento de los alevines de *Cynoscion nebulosus* (Powell *et al.*, 2004).

Pseudosciaena crocea (corvina amarilla)

La corvina amarilla es una especie endémica del Este de Asia, donde habita aguas costeras de la plataforma continental hasta los 100 m de profundidad. Su distribución geográfica abarca desde China hasta Corea. Se reproduce dos veces al año, en primavera y otoño, cuando los ejemplares alcanzan entre 2 y 4 años de edad. La edad máxima registrada se sitúa en los 29 años.

Esta especie ha sido intensamente explotada en China a partir de la década de los 50, alcanzando capturas de 200.000 t en la década de los 70, sufriendo una caída del 90 % en las dos décadas siguientes (Liu y Sadovy, 2008). A partir de la década de los 80 se inició la producción en criaderos, habiendo tenido la producción de alevines un incremento muy rápido entre 1995 y 2000 (Fig. 11), año en que se alcanzó la increíble cifra de 1.300 millones de alevines en los 400 criaderos de la Provincia de Fujian (Hong y Zhang, 2003).

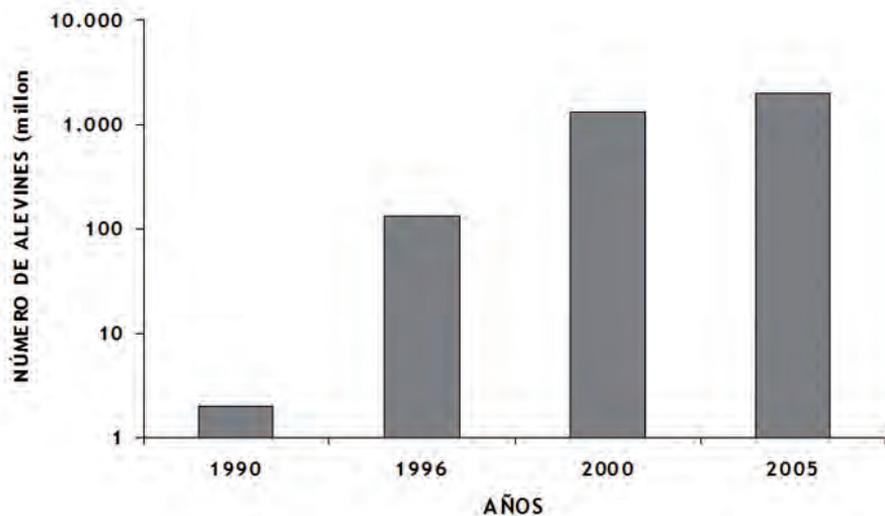


Figura 11.- Evolución de la producción china de alevines de *Pseudosciaena crocea* (Liu y Sadovy, 2008).

Esa producción de alevines se distribuyó entre la acuicultura de repoblación, que se realiza entre los meses de junio y julio, con juveniles de 3-8 cm (producidos en los criaderos entre abril y junio) y la acuicultura de producción, fundamentalmente en jaulas flotantes y estanques de tierra, pasando, en este último caso, desde 30.000 t en 1997 a 70.000 t de 2005.

Sciaenops ocellatus (corvina roja o corvina ocelada)

La acuicultura de corvina roja o corvina ocelada comenzó a mediados de la década de los 70, cuando adultos de esta especie fueron inducidos para la puesta en cautividad manipulando el fotoperíodo y la temperatura, y se desarrollaron las técnicas de cría larvaria (Arnold *et al.*, 1977). Esta especie se adapta bien a la cautividad, produciendo puestas naturales en el laboratorio sin usar hormonas. Aceptan bien la alimentación artificial, y crecen rápidamente, alcanzando los 500 g en alrededor de 9 meses (Holt, 2000).

Las corvinas rojas se producen comercialmente en las costas norteamericanas del Golfo de México y del Sudeste Atlántico, así como en otros países. Avances recientes sobre nutrición larvaria han eliminado la necesidad de alimentar con solo rotíferos en las primeras fases de cría larvaria. El pienso seco (menos de 0,2 mm) es aceptado como primer alimento por las larvas. El protocolo estándar desarrollado por Holt (1992) permite alimentar a las larvas con dietas microparticuladas y rotíferos enriquecidos durante cinco días, seguido de una dieta microparticulada sola hasta el destete. Las larvas crecen bien con esta dieta pero no sobreviven sin la adición simultánea de rotíferos durante los primeros días. Si pudiésemos eliminar los rotíferos, la producción de alevines se independizaría de las presas vivas pero las

haríamos más dependientes de suministradores externos de pienso. Un hallazgo destacable reciente ha sido el buen crecimiento y supervivencia de larvas de corvina roja con dietas a base de pienso microparticulado acompañado de algas (*Isocrysis galbana*) en vez de rotíferos (Lazo *et al.* 2000). Estudios posteriores muestran que la corvina roja podría desarrollarse con éxito durante el alevinaje suplementando la dieta microparticulada con algas en el tanque de cría larvaria. Aunque el crecimiento no fuera tan rápido como cuando las larvas son alimentadas con rotíferos hasta los cinco días, la supervivencia fue alta y la eliminación de rotíferos supone un importante ahorro de costes.

Con esta especie es posible el engorde a altas densidades sin merma en el crecimiento de los alevines, como ha podido comprobar Sandifer *et al.* (1993) en sus ensayos (Fig.12). Esta posibilidad también existe en otras especies de la familia de los Esciéndidos (Meseguer, com. pers.).

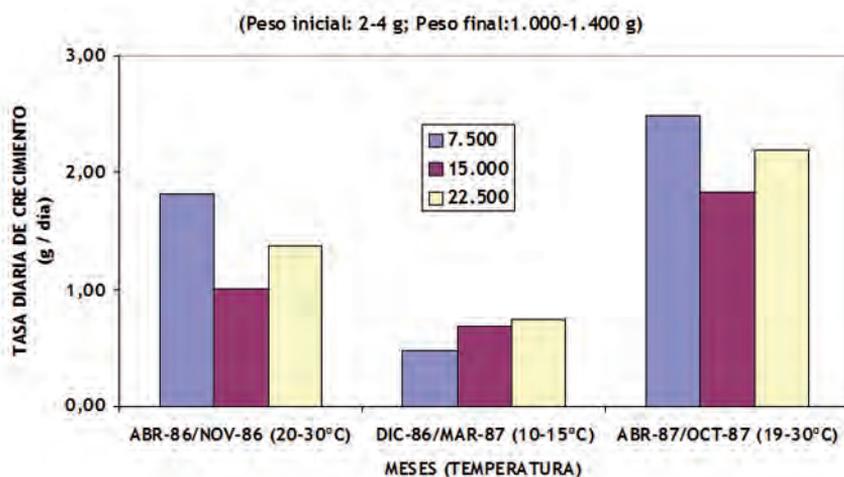


Figura 12.- Crecimiento de *S. ocellatus* a distintas densidades: 7.500, 15.000 y 22.500 alevines/ha (Sandifer *et al.*, 1993).

Desde Estados Unidos se ha propagado su cultivo hacia todos los continentes, primero hacia el resto de América, como Martinica en 1987, Ecuador en 1992 (Rajoy, 2003) y México en 1999 (García-Ortega y Lazo, 2004; Goffings, 2010), hacia China en 1991 y hacia Israel en 1997. De 2001 a 2003 se realizó la producción de 400.000 alevines de 2-3 g de corvina roja y su posterior engorde en viveros flotantes en Campeche (México) (Pacheco *et al.*, 2006).

Conclusiones

Las conclusiones principales a las que hemos llegado después de varios años de estudio y que avalan el potencial desarrollo de la acuicultura de las corvinas son las siguientes:

- Existencia de 60 especies a lo largo del mundo con posibilidades de desarrollo acuícolas
- Seis especies con producciones comerciales (reproducción y alimentación) importantes en América o el mundo: corvina (*Argyrosomus regius*), verrugato del sur (*Argyrosomus japonicus*), corvina blanca (*Atractoscion nobilis*), corvina pinta (*Cynoscion nebulosus*), corvina roja (*Sciaenops ocellatus*) y corvina amarilla (*Pseudosciaena crocea*)
- Especies con una gran tasa de crecimiento (1 kg en un año)
- Especies eurihalinas, con una amplia tolerancia a los cambios de salinidad, que se pueden criar en ambientes marinos y estuáricos
- Susceptibles de ser engordadas con dietas con contenidos en harina de pescado inferiores al 30 %
- Susceptibles de ser engordadas en estanques de tierra para su venta en entero fresco (< 1 kg) o en viveros flotantes para su fileteado (> 1 kg)
- Especies con una excelente carne con bajos contenidos en grasa (especies magras)
- Pescados con buena aceptación por los consumidores y por los pescadores deportivos

Referencias

- Aburto G.A. 2005. Estimación de los parámetros ecofisiológicos críticos (oxígeno y amonio) para la determinación de la capacidad de carga en el cultivo de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*). Tesis de Grado. Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile.
- Ai Q.H., Zhao J.Z., Mai K.S., Xu W., Tan B.P., Ma H.M., Liufu Z.G. 2008. Optimal dietary lipid level for large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) larvae. *Aquaculture Nutrition*, 14: 515-522.
- Alvarado-Justos J., Rodríguez-Rúa A., García S., Suárez M.D., Cárdenas S. 2010. Efecto de la frecuencia de alimentación sobre el crecimiento de corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.*, 12: 369-376. España.
- Anónimo 2003. *Aquaculture Production Report 2001/2002*. NSW Fisheries, Sydney, Australia
- Apeitos A., Lemus J.T., Blaylock R.B. 2010. Advances in intensive production of fingerling spotted seatrout *Cynoscion nebulosus* at the Gulf Coast Research Laboratory.

- Aquaculture 2010, Marine Finfish Contributed*. San Diego, California, March, 2010. World Aquaculture Society.
- APROMAR 2010. *La Acuicultura Marina de Peces en España 2010*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 72 páginas.
- Arnold C.R., Bailey W.H., Williams T.D., Johnson A., Laswell J.L. 1977. Laboratory spawning and larval rearing of red drum and southern flounder. *Proceedings of the Annual Conference of the Southern Association of Game and Fish Commissioners*, 31: 437-440.
- Augsburguer A. 2006. Desarrollo tecnológico en el cultivo de peces marinos. *II Congreso Nacional de Acuicultura*. Perú.
- Bajandas A.C., Rodríguez-Rúa A., Cárdenas C., Cárdenas S. 2010. Efecto de diferentes tasas de alimentación sobre el crecimiento de juveniles de corvina, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.*, 12: 361-368.
- Brown-Peterson N.J., Peterson M.S., Nielland D.L., Murphy M.D., Taylor R.G., Warren J.R. 2002. Reproductive biology of female spotted seatrout, *Cynoscion nebulosus*, in the Gulf of Mexico: differences among estuaries?. *Environmental Biology of Fishes*, 63: 405-415.
- Cárdenas S. 2010a. Guía para la Inducción de la Puesta en Corvina *Argyrosomus regius*. *XIII Foro de Recursos Marinos y de la Acuicultura de la Ría Gallegas*, O Grove, 7 y 8 de octubre de 2010.
- Cárdenas S. 2010b. *Crianza de la Corvina, Argyrosomus regius*. Colección Cuadernos de Acuicultura, nº 3. Fundación Observatorio Español de la Acuicultura (FOESA) y Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). 100 páginas.
- Cárdenas S., Lavié A., Rodríguez-Rúa A. 2009. Crecimiento y aprovechamiento del alimento de alevines de corvina *Argyrosomus regius* (Pisces: Sciaenidae), durante el preengorde a distintas cargas y temperaturas. *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.*, 11: 277-284.
- Cárdenas S., Rodríguez-Rúa A. 2010. Effect of ration level on growth and feed utilization of hatchery-produced juvenile meagre *Argyrosomus regius*. Páginas 284-285 en *Aquaculture Europe 2010*. October 5-8, 2010, Porto, Portugal.
- Cárdenas S., Meseguer E., Suárez M.D. 2010a. Aquaculture of meagre *Argyrosomus regius* (Pisces : Sciaenidae) in Spain marine areas. Páginas 286-287 en *Aquaculture Europe 2010*. October 5-8, 2010, Porto, Portugal.
- Cárdenas S., Carrascosa M., Concepción M., Zerolo R. 2010b. Alevinaje de corvina *Argyrosomus regius* (Pisces. Sciaenidae) en Andalucía. *V Jornadas de Acuicultura del Litoral Suratlántico*. Cartaya (Huelva, España), 15-16 de Abril de 2008. IFAPA, ASEMA y Ayuntamiento de Cartaya.
- Chatzifotis S., Villamor A., Limberis N., Papandroulakis N., Divanach P. 2006. First data on

- growth of culture brown meagre *Sciaena umbra* using diets with different protein and fat contents. *Fisheries Science*, 72: 83-88.
- Chatzifotis S., Panagiotidou M., Papaioannou N., Pavlidis M., Nengas I., Mylonas C.C. 2010. Effect of dietary lipid levels on growth, feed utilization, body composition and serum metabolites of meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, 307: 65-70.
- Duan Q., Mai K., Zhong H., Si L., Wang X. 2001. Studies on the nutrition of the large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. I : growth response to graded levels of dietary protein and lipid. *Aquaculture Research*, 32 (Suppl. 1): 46-52.
- Estévez A., Treviño L., Kotzamanis Y., Karacostas I., Tort L., Gisbert E. 2010. Effects of different levels of plant proteins on the ongrowing of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles at low temperatures. *Aquaculture Nutrition*. doi: 10.1111/j.1365-95.2101.00798.x
- FAO 2010. Global Aquaculture Production. *FAO Fisheries and Aquaculture Department* . Roma Italia [online].
- García-García B., Hernández M.D., Cárdenas S., Muñoz J.L., Rodríguez-Rúa A., Rodríguez C., Carrasco J., Pastor E., Gráu A., Ginés R., Hernández-Cruz C.M., Estévez A., Bellot O., Rodríguez L.M., Otero-Llovo J., Martínez S., Tomás A. 2008. Aceptación sensorial de la corvina (*Argyrosomus regius*) de crianza por el consumidor español. *IV Jornadas de Acuicultura del Litoral Suratlántico*. Centro Cultural de la Villa de Cartaya. Cartaya, Huelva.
- García-Ortega A., Lazo J.P. 2004. Marine fish larviculture in Mexico: advances and challenges in nutrition and feeding. *VII Simposio Internacional de Nutrición Acuícola*. 16-19 de Noviembre de 2004, Hermosillo, Sonora, México.
- Goffings J.P. 2010. First Mexican marine redfish hatchery. *Hatchery International* 11: 24-25.
- Hernández M.D., López M.B., Álvarez A., Ferrandini E., García-García B., Garrido M.D. 2009. Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultural meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *Food Chemistry* 114: 237-245.
- Hill K. 2005. Species name: *Cynoscion nebulosus* (*Spotted seatrout*). Species Inventory at Smithsonian Marine Station at Fort Pierce, USA.
- Holt J. 1992. Experimental studies of feeding in larval red drum. *J. World Aquacult. Soc.*, 23: 265-270.
- Holt J. 2000. Cultivation of Sciaenidae: perspectives for aquaculture and nature conservation. *Workshop on New Species for Aquaculture*. 20-21 November 2000, Faro, Portugal.
- Hong W., Zhang Q. 2003. Review of captive bred species and fry production of marine fish in China. *Aquaculture* 227: 305-318.
- Jirsa D.O., Davis D.A., Arnold C.R. 1997. Effects of dietary nutrient density on water quality and growth of red drum *Sciaenops ocellatus* in closed systems. *J. World Aquac. Soc.*

28: 68-78.

- Lazo J.P., Dinis Mt., Holt G.J., Faulk C., Arnold C.R. 2000. Co-feeding microparticulate diets with algae: toward eliminating the need of zooplankton at first feeding in larval red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 188: 339-351.
- Lavié A., Rodríguez-Rúa A., Ruiz-Jarabo I., Vargas-Chacoff L., Cárdenas S., Mancera J.M., 2008. Physiological responses of juvenile of meagre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801), to density and temperature. *European Aquaculture Society Special Publication*, 37: 369-370.
- Liu M., Sadovy Y. 2008. Profile of a fishery collapse: why mariculture failed to save the large yellow croaker. *Fish and Fisheries*, 9. 219-242.
- López L.M., Torres A.L., Durazo E., Drawbridge M., Bureau D.P. 2006. Effects of lipid on growth and feed utilization of white seabass (*Atractoscion nobilis*) fingerlings. *Aquaculture*, 253: 557-563.
- Love G., Langenkamp D. 2003. *Australian Aquaculture: Industry Profiles for Related Species*, ABARE eReport 03.8, Prepared for the Fisheries Resources Research Fund, Canberra.
- Martínez S., Tomás A., Espert J., Moya S., Jover M. 2010. First results of meagre (*Argyrosomus regius*) growth and nutrient efficiency fed diets varying protein and lipid levels. *Aquaculture Research* (en prensa).
- McGoogan B.B., Gatlin III D.M. 1999. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum *Sciaenops ocellatus* I. Effects of dietary protein and energy levels. *Aquaculture* 178: 333-348.
- Muñoz J.L., Rodríguez-Rúa A., Bustillos P., Cárdenas S., 2008. Crecimiento de la corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) en estanques de tierra a distintas salinidades. *IV Jornadas de Acuicultura del Litoral Suratlántico*. Cartaya (Huelva, España), 16-17 de abril de 2008. IFAPA, ASEMA y Ayuntamiento de Cartaya.
- Moser H.G., Ambrose D.A., Busby M.S., Butler J.L., Sanknop E.M., Sumida B.Y., Stevens E.G. 1983. Description of early stages of white seabass, *Atractoscion nobilis*, with notes on distribution. *CalCOFI Rep.* 24 : 182-193.
- Nunes M.L., Bandarra N.M., Batista I. 2003. Fish products: contribution for the healthy food. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.* 2 (3).
- Oyarzún C., Fernández C., Landaeta M., Cortés N. 2001. Ontogenetic and temporal fluctuations in feeding habits of the Chilean croaker *Cilus gilberti* (Perciformes, Sciaenidae) in southern Chile. *Cah. Biol. Mar.*, 43: 295-302.
- Pacheco J.A., Amador L.E., Reyes Z.E., Brito R., Gelabert R., Guevara E. 2006. Experiencias de cultivo de peces marinos en la Universidad Autónoma del Carmen. *II Simposio sobre Ecosistemas Costeros del Golfo de México y Mar Caribe*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco, México, 29-30 de Junio de 2006

- Pirozzi I., Booth M.A., Allan G.L. 2010. The interactive effects of dietary protein and energy on feed intake, growth and protein utilization of juvenile mulloway (*Argyrosomus japonicus*). *Aquaculture Nutrition*, 16: 61-71.
- PIRSA 2001. *Mulloway aquaculture in South Australia*. Aquaculture SA Fact Sheet, Adelaide, Australia. 6 páginas.
- Powell A.B., Cheshire R.T., Laban E.H. 2004. Growth, mortality, and hatchdate distributions of larval and juvenile spotted seatrout (*Cynoscion nebulosus*) in Florida Bay, Everglades National Park. *Fish. Bull.* 102 : 142-155.
- Quero J.C. 1989. Le maigre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Poissons, Scianidae) en Méditerranée occidentale. *Bull. Soc. Zool. France*, 114: 81-89.
- Quintero H.E. 2009. *Desarrollo tecnológico en producción de especies marinas. Experiencias ASA-IM*. ASA-USB.
- Rajoy C.R. 2003. Larvicultura del american red drum - *Scaenops ocellatus* – bajo un régimen foto-halino controlado, en Ecuador. Disponible en: <http://www.mispecies.com/reportajes/2003/nov/reedificas>.
- Rodríguez-Rúa A., Jiménez M.T., Muñoz J.L., Cárdenas S. 2008. Preengorde experimental y productivo de corvina *Argyrosomus regius* (Pisces: Sciaenidae) en tanques. *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.* 10: 627-634.
- Sadovy Y., Cheung W.L. 2003. Near extinction of a highly fecund fish: the one that nearly got away. *Fish and Fisheries*, 4: 86-99.
- Sánchez A., Suárez J., Durruty C. 2010. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de primeros juveniles de corvina pinta *Cynoscion nebulosus* (Cuvier, 1803). Disponible en <http://www.fpy.org.mx/index.php?id=pesca3>. Consultado el 01/06/2010.
- Sandifer P.A., Hopkins J.S., Stokes A.D., Smiley R.D. 1993. Experimental pond grow-out of red drum, *Sciaenops ocellatus*, in South Carolina. *Aquaculture* 118: 217-228.
- Thomas P., Boyd N. 1988. Induced spawning of spotted seatrout, red drum and orangemouth corvina (Family: Sciaenidae) with luteinizing hormone-releasing hormone analog injection. *Contributions in Marine Science*, 30: 45-48.
- Tinoco A.B., Rodríguez-Rúa A., Ruiz-Jarabo I., Vargas-Chacoff L.H., Mancera J.M., Cárdenas S. 2009. Preengorde de corvina (*Argyrosomus regius*) en diferentes salinidades ambientales. Páginas 476-477 en Beaz D., Villarroel M., Cárdenas S. eds. *XII Congreso Nacional de Acuicultura: Con la acuicultura alimentamos tu salud*. MARM, SEA y FOESA. Madrid, España.
- Turano M.J., Davis D.A., Arnold D.R. 2002. Optimization of growout diets for red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture Nutrition*, 8: 95-101.
- Ureta M., Avalos P., Estrada C. 2009. Desarrollo de la tecnología de engorda de juveniles de corvina (*Cilus gilberti*) en balsas jaula en la IV Región, Coquimbo. Seminario Final de Difusión. del Proyecto InnovaChile-CORFO 05CR11PPD-12. Tongoy, Chile, 27

- de Mayo de 2009. *Boletín Informativo n° 2 de InnovaChile-CORFO, Mayo 2009.*
- Valverde S.E. 2002. *Desarrollo del sistema digestivo de larvas de corvina blanca, Atractoscion nobilis (Ayres, 1860) (Sciaenidae), y selección de fuentes proteicas adecuadas para su alimentación.* Maestría en Ciencias, CICESE, Ensenada, Baja California, México.
- Vojkovich M., Crooke S. 2001. *White seabass.* California's Marine Living Resources: A Status Report.
- Wang Y., Guo J.L., Bureau D.P. 2006a. Effects of dietary protein and energy levels on growth, feed utilization and body composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 252: 421-428.
- Wang Y., Kong L.J., Li C., Bureau D.P. 2006b. Effects of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and carcass composition of cuneate drum (*Nibea miichthioides*). *Aquaculture*, 261: 1307-1313.
- Zhang L., Mai K., Ai Q., Duan Q., Zhang C., Li H., Tan B. 2008. Use of compound protein source as a replacement for fish meal in diets of large yellow croaker, *Psuedoscaiena crocea* R. *J. World Aquacult. Soc.*, 39: 83-89.

Microalgas como matéria-prima para biocombustíveis: uma opção eco-compatível para o aumento de eficiência na indústria sucroalcooleira

Andrade Nascimento¹ I., Teles Domingues Cabanelas¹ I., Santa Isabel Marques¹ S., Andrade Pereira¹ S., Vital Vich¹ D., Nunes dos Santos² J., Guerrieri² Y.

¹Instituto de Biologia/Universidade Federal da Bahia

²Instituto Politécnico /Universidade Federal da Bahia

E-mail: iracema.nascimento@pq.cnpq.br

Abstract

The world energy supply, whose demand is estimated to increase, up to 2025, by 57% over the actual values, is the most urgent challenge to humankind in this century. The global energy consumption is beginning to exhaust the available fossil energy resources and the increasing level of atmospheric CO₂ from burning of fossil energy is having an important role in global warming. The Stern report (The Economics of Climate Change) projects that an increase of the World temperature by 2 to 3°C may lead to permanent annual loss up to 3% of world GDP (U.S.\$ 1.32 trillion). The development of CO₂-neutral technologies is recognized as urgent and the use of biomass for energy is therefore considered a potential solution, especially for the transportation sector, responsible for 67% of current energy demand. However, first generation biofuels generally involves low conversion efficiency technologies, thus requiring a high amount of feedstock and the expansion of cultures. The importance of forests and grasslands for biodiversity and as pools of carbon sinks does not recommend their conversion to cultivated land. Eco-compatible options involve second and third generation biofuels technologies by using lignocellulosic biomass and microalgae as feedstock. The microalgae are organisms of higher photosynthetic capacity, sequestering between 10 to 20 times more CO₂ than land crops, at the time they produce biomass rich in oil and other valuable organic materials, thus being characterized as an important source of feedstock for biofuels. They are capable of all year round production and the oil productivity of their cultures ex-

ceeds the yield of the best oilseed crops. Nutrients for microalgae cultivation can be obtained from wastewater avoiding treatment of organic effluents from the agri-food industry or from industrial by-products such as vinasse originated from the production process of ethanol, therefore showing a potential to promote industrial symbiosis, characterized by the integration of industries, where one uses as input, the waste from another, with beneficial environmental and economical results. This work aims to exemplify how the microalgae cultivation can improve the efficiency of the sugarcane industry sector with the wider adoption of the concept of eco-industry, transforming the waste and by-products into resources, by integrating new technology and getting real gains. Technological innovation is the introduction of microalgae cultivation in the productive chain of the sugar cane industry. The microalgae, which can take up nutrients from the vinasse and associate the sequestration of CO₂ to the production of biomass and energy, is thus transmuting waste that may be harmful to the environment, into resources and opportunities. The outlined combination of CO₂ sequestration, potential biofuel production and use of waste and by-products underscore the potential applications of microalgae in the implementation of eco-industries in Brazil. Algal technology developed at the Institute of Biology/ Federal University of Bahia, provide estimates that support the feasibility of economic, environmental and social gains in the sugarcane sector in Brazil, which could be extended to other industries, which also produce CO₂ and other usable waste.

Keywords

Efficiency, sugarcane industry, microalgae cultivation.

A Resumo

O desenvolvimento de tecnologias CO₂-neutras é reconhecido como um dos mais urgentes desafios para a humanidade neste século. O Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC AR4 Synthesis Report) é claro em apontar os níveis atuais de CO₂ atmosférico (acima de 380 ppm), como tendo papel importante no aquecimento global; o Relatório Stern (The Economics of Climate Change, 2006) mostra que o aumento da temperatura terrestre em 2 a 3°C pode levar a perdas permanentes anuais de até 3% do PIB mundial, equivalentes a US\$ 1,32 trilhão. O consumo mundial de energia, cuja demanda estimada prevê um aumento de 57% acima dos valores atuais até 2025, começa a esgotar os recursos fósseis disponíveis e a utilização de biomassa como fonte energética é vista como uma das soluções, especialmente para o setor de transportes, indicado como responsável por 67% da demanda. No entanto, os biocombustíveis de primeira geração, envolvendo tecnologias de baixa eficiência de conversão, exigem uma grande quantidade de matéria-prima e a expansão de culturas de oleaginosas. A importância das florestas e pastagens para a biodiversidade e

como seqüestradoras de carbono não recomenda a sua substituição por plantios. Opções eco-compatíveis de matéria prima envolvem as biomassas lignocelulósica e algal. As microalgas são organismos de maior capacidade fotossintética, seqüestrando entre 10 a 20 vezes mais CO₂ do que as culturas terrestres e produzindo uma biomassa rica em óleo e outros materiais orgânicos de alto valor agregado. A colheita de biomassa pode ser feita ao longo de todo o ano e a produtividade em óleo excede o rendimento das melhores oleaginosas. Nutrientes para o cultivo de microalgas podem ser obtidos a partir de águas residuais ou de subprodutos industriais como a vinhaça, proveniente do processo de produção de etanol. Assim, as microalgas têm potencial para a promoção de simbiose industrial, caracterizada pela integração de indústrias, onde uma utiliza como insumo, os resíduos de outra, com resultados benéficos tanto econômicos, como ambientais. O trabalho visa exemplificar como o cultivo de microalgas pode melhorar a eficiência da indústria da cana de açúcar, com a adoção mais ampla do conceito de eco-indústria. As microalgas podem usar os nutrientes da vinhaça e seqüestrar o CO₂, associando-os à produção de biomassa e de energia, transmutando, assim, resíduos que podem ser prejudiciais ao meio ambiente, em recursos e oportunidades. A combinação das possibilidades de seqüestro de CO₂, de produção de biocombustíveis e do uso de resíduos e subprodutos, ressalta o grande potencial das microalgas no campo energético. A tecnologia desenvolvida no Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia possibilita estimativas que sustentam a possibilidade de ganhos econômicos, ambientais e sociais para o setor canavieiro no Brasil, os quais poderão ser estendidos a outras indústrias que liberam CO₂ e outros resíduos utilizáveis.

Palavras-chave

Eficiência industrial, industria sucoalcooleira, cultivo de microalgas.

Introdução

O contexto energético mundial e a função da eco-indústria

Devido às exigências de consumo de uma população crescente, a demanda de energia, em termos mundiais, deverá crescer em 57% sobre os valores atuais até 2025 (IEA, 2007). A necessidade de segurança no suprimento de energia e de produzi-la e utilizá-la de uma forma ambientalmente sustentável tem direcionado, ao nível mundial, a busca de alterações nas matrizes energéticas de cada País, visando a substituição das fontes fósseis por renováveis (OECD/FAO, 2009). Entretanto, enquanto o sector de eletricidade, envolvendo 33% da demanda atual, vem desenvolvendo uma série de alternativas de baixa emissão de CO₂ (energia nuclear, solar, eólica, geotérmica, hidro-elétrica e tecnologias limpas com o uso do carvão), o sector de combustíveis, responsável por 67% da demanda energética mundial, está

tecnologicamente menos desenvolvido apesar de seu grande potencial (Schenk *et al.*, 2008).

Basicamente, o sector dos transportes está ainda respaldado no uso de combustíveis fósseis, grandes geradores de gases de efeito estufa, co-responsáveis pelo aquecimento global e, em pequena parte, na produção de biocombustíveis de primeira geração, sistema com sérias limitações económicas (OECD, 2005; FAO, 2008, OECD/FAO, 2009), especialmente no que diz respeito à produção de biodiesel. Problemas tecnológicos relativos à produção de biocombustíveis de primeira geração envolvem baixas taxas de conversão energética, o que se traduz na exigência de grande quantidade de matéria prima, e de extensas áreas de cultivo, o que, segundo estimativas da OECD poderá também determinar sérios problemas ambientais (Doornbosh, Steenblik, 2007; Searchinger *et al.*, 2008). Considerando a soja como matéria prima para a produção de biodiesel, foi estimada (Pérez, 2007) para a substituição de todo o diesel utilizado em transporte no Brasil, uma produção de 29.5 bilhões de L, para o que seria necessário ampliar o cultivo em 63 milhões de ha, cerca de 3 vezes a área atualmente plantada no País (21.7 milhões da ha), o que torna inviável esta possibilidade.

Apesar da disponibilidade de áreas cultiváveis no Brasil (90 milhões de ha de áreas degradadas ou de pastagens), possibilitando a ampliação das culturas para biocombustíveis (EMBRAPA, 2009), a adequação destas áreas, além de envolver maiores custos em relação a bons terrenos agriculturáveis, envolveria como prováveis riscos (Kurki *et al.*, 2006): 1- ampliação e uso inadequado de fertilizantes e pesticidas, que ao serem lixiviados poderiam causar poluição nos corpos de água; 2- depleção dos recursos aquáticos locais, desde que, para cada quilo de grãos de oleaginosas produzidos, são necessários cerca de 2m³ de água; 3- erosão e assoreamento de rios pelo uso de práticas agrícolas inadequadas; 4- perda de biodiversidade pela alteração de ecossistemas; 5- alterações de uso do solo que liberam o CO₂ armazenado como carbono orgânico, além de gases nitrogenados, intensificando o efeito estufa e possivelmente anulando os efeitos benéficos do uso de um combustível CO₂-neutro (Tolbert *et al.*, 2002; Campos, 2007; Firbank, 2008).

Por outro lado, a disponibilidade de combustíveis fósseis a custos relativamente baixos, que vigoraram desde a segunda metade do século XX, levaram a um modelo de desenvolvimento socialmente desigual e caracterizado pelo alto consumo de bens naturais e por um avanço industrial gerador de grande quantidade de resíduos não aproveitados, cujo acúmulo ameaça hoje a sustentabilidade do planeta (Garbosa, Trindade, 2007; Searchinger *et al.*, 2008).

O conceito de Eco-indústria surgiu neste cenário, há cerca de 20 anos, em complemento ao conceito de Sustentabilidade (Brundtland Comissão, 1987), envolvendo a minimização da geração de co-produtos, a economia e reciclagem da água, a eficiência na logística, trocas eficientes de energia e, sobretudo aproveitamento dos restos. Segundo Graedel, Allenby (2002) duas características diferenciais estão incluídos na eco-indústria: a rejeição à defi-

nição de “resto”, que passa a ser matéria-prima e a adoção da “simbiose industrial”, que torna possível o uso deste “resto” por indústrias associadas ao processo produtivo.

As mudanças de cultura, necessárias a esta nova visão empresarial, tem sido lentas quando analisadas em função da urgente necessidade de sua implantação para assegurar a sustentabilidade do planeta. No Brasil, as ações do governo incentivando as relações Academia/ Sector Empresarial, auxiliadas pelas pressões de mercado, têm conseguido, só ultimamente, incluir estas inovações como pilotos em algumas Empresas tradicionais.

Cenário da indústria sucro-alcooleira no Brasil

O Programa Brasileiro do Álcool acoplado às usinas de açúcar foi criado com a finalidade de diminuir a preocupante dependência do petróleo e a de reanimar a economia rural (Braunbeck, Cortez 2005). O objetivo de reduzir a quantidade cada vez maior de CO₂ lançada no ar, quer pelos veículos automotores, quer pela indústria, tomou vulto a partir de 2000 com o avanço do programa PROÁLCOOL, e o desenvolvimento pela indústria automobilística dos veículos Flex, hoje ultrapassando 85% da frota nacional de automóveis. Estimativas apontam que a produção e a queima do etanol de cana geram de 55 a 90% menos dióxido de carbono do que a gasolina (Kurki *et al.*, 2006; Macedo *et al.*, 2008). Apesar de um rendimento 30% menor que o deste combustível, o etanol da cana tem um balanço energético ainda não igualado por outra matéria-prima (gasta-se 1 de energia fóssil, obtendo-se um mínimo de 8.3 de energia renovável). Acresce-se a isto o preço de produção (em torno de R\$ 0.60/L) altamente competitivo em relação à gasolina e o facto de que a colheita mecanizada e o uso de softwares no manejo das culturas têm levado a progressos contínuos (Braunbeck, Cortez, 2005).

Em vista das condições edafo-climáticas no Brasil e da tecnologia desenvolvida em torno da cana de açúcar (Centro de Tecnologia COPERSUCAR), o rendimento das plantações varia entre 78-80 t de cana/ha/ano (Macedo *et al.*, 2008), que, com o processamento nas usinas pode render na dependência da produção concomitante do açúcar, entre 5,7 a 7,6 mil litros de etanol/ha, mais que o dobro do obtido a partir do milho, razão pela qual o Brasil se tornou o segundo maior produtor mundial de etanol, com uma produção que alcançou 25 bilhões L/ano, envolvendo 600 milhões de t de cana processada e uma área plantada de 7,5 milhões de ha (Anuário Análise Energia, 2009).

O processo atual de produção do etanol e as perspectivas da atividade no Brasil

A indústria da cana de açúcar diversificou com a produção de etanol e deu o primeiro passo como eco-indústria, ao utilizar o bagaço da cana, resíduo oriundo do processo de obtenção do açúcar, para a co-geração de energia. A cana, colhida com a retirada das pontas

e da palha é levada à usina onde, sob pressão, libera o caldo que por processos especiais produz o açúcar. O co-produto gerado é o mel final (melaço) que sob fermentação, e após destilado, produz o álcool. O bagaço que sai com cerca de 50% de umidade no processo e tem um teor energético entre 30 a 40% da energia total da cana, quando queimado, gera vapor e energia (Fig. 1), reintegrados ao processo, tanto de produção do açúcar, quanto do álcool (Braunbeck, Cortez, 2005). Algumas usinas queimam adicionalmente as pontas e palhas (35% de umidade), o que aumenta a produção de energia, cujo excedente é comercializado. Apenas o uso de 30 a 40% de co-produtos (bagaço, pontas e palhas) das usinas para a geração de energia, garante a substituição total ou parcial da energia fóssil, nos processos produtivos do açúcar e do etanol (Macedo *et al.*, 2008).

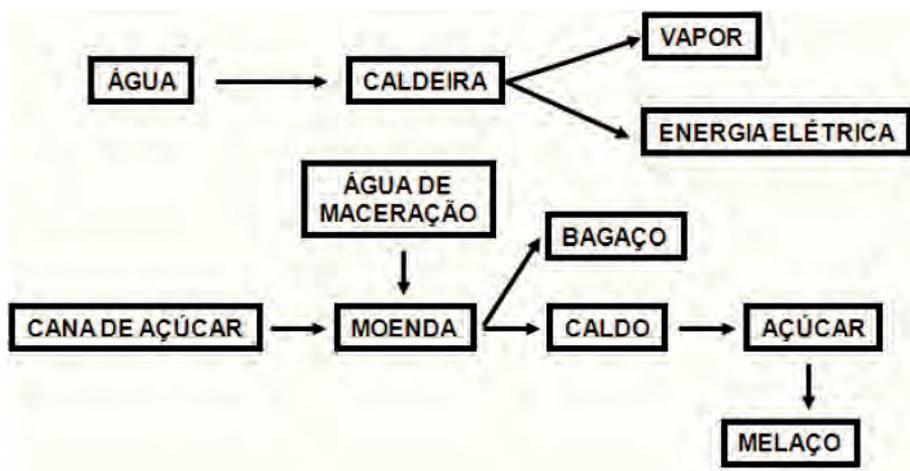


Figura 1.- Fluxograma da produção de açúcar e melaço em indústria sucroalcooleira (Duarte Coelho, A.C., 2010).

Entretanto, a liberação de metano e óxido nitroso, ambos mais potentes que o CO₂ para o aumento do efeito estufa (Braunbeck, Cortez 2005), ainda ocorre durante as queimadas feitas para facilitar a colheita manual, realizada por muitas fazendas. Outro problema diz respeito à expansão da área de cultivo da cana no Brasil, prevista para ser duplicada ao longo da próxima década, prevendo-se atingir uma produção de 728 milhões de toneladas em 2012 (Macedo *et al.*, 2008). Mudanças no uso da terra fazem o CO₂ retido ao nível das raízes, retornar ao ar; como o solo contém mais carbono (no mundo, 1500 GT) do que a atmosfera (720 GT como CO₂) e a vegetação juntas (600 GT), alterações relativamente pequenas no uso do solo têm importante efeito em escala global (Searchinger *et al.*, 2008).

Do processo de produção de etanol são gerados o CO₂ e a vinhaça, como consequência da fermentação do melaço (Fig. 2). A vinhaça (em quantidade de 10 a 15L/L etanol), já rotineiramente utilizada como fertilizante no campo, e o CO₂, poderão assumir o caráter de importantes matérias-primas, como meio de cultura de outros organismos produtores de bio-

massa, com maior valor económico e ambiental. Esta é a proposta de inovação tecnológica: a de se introduzir, na cadeia produtiva do sector sucroalcooleiro, o cultivo de microalgas, capazes de aproveitar os nutrientes do vinhoto e de associar a fixação de CO₂ à produção de biomassa, transmutando-os, de resíduos que podem ser danosos ao meio ambiente, para a condição de recursos e de oportunidades. Com base na venda de créditos de carbono, a lucratividade da empresa deverá aumentar, desde que o mercado está se expandindo, com a chance de se tornar, em breve, uma das mais comercializadas “commodities” no cenário mundial (Rabinovwitz, 2010).

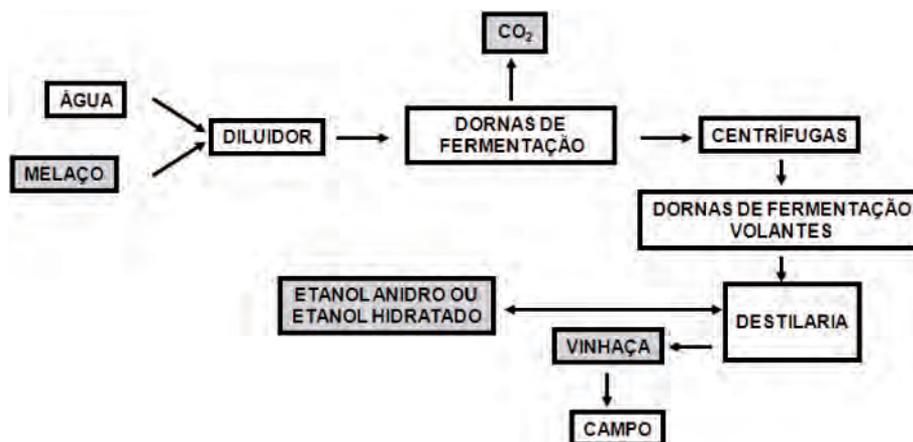


Figura 2.- Fluxograma da produção de etanol a partir do melão, em indústria sucroalcooleira (Duarte Coelho, A. C., 2010)

Microalgas como seqüestradoras de CO₂ e como eficientes produtoras de biomassa e óleo para biocombustíveis.

1. Características das microalgas

As microalgas envolvem um amplo grupo de microrganismos importantes para o equilíbrio do planeta, como principais responsáveis pela dinâmica do CO₂ e base das cadeias tróficas nos ecossistemas aquáticos (Nascimento *et al.*, 2009). Atuam como minúsculas fábricas de energia (Chisti, 2006), produzindo além de metabólitos secundários de alto valor nutricional e de mercado, carboidratos, proteínas e lipídios (Wijffels, 2007; Mata *et al.*, 2010). Estas três frações bioquímicas podem gerar combustíveis líquidos ou gasosos, podendo-se obter, biodiesel, etanol, bioquerosene, bioplásticos, além de intermediários químicos para o sector petroquímico (Benemann, 2009), através de processos diversos, como transesterificação do óleo, digestão anaeróbica da biomassa, liquefação, pirólise e gaseificação, seguida de processos de biorefinaria (Feinberg, 1984; Gouveia e Oliveira, 2009). Algumas espécies do Genero *Botryococcus* produzem um bio-óleo rico em hidrocarbonetos muito semelhantes aos contidos no petróleo, que podem diretamente ser convertidos a biocombustível para avião (Banerjee *et al.*, 2002; Metzger, Largeau, 2005).

Além de, comparativamente com outras oleaginosas, exigirem um menor gasto de água (por possibilitar o reuso), as microalgas se reproduzem rapidamente (Spolaore *et al.*, 2006), possibilitando a produção de uma maior quantidade de biomassa e mais óleo vegetal, a depender da espécie e das condições de cultivo (Chisti, 2008a,b). O rendimento dos cultivos algais em óleo pode ser 10 a 20 vezes superior que o de oleaginosas, como o de palma, que rende 6000L/ ha/ano (Metzger, Largeau, 2005; Chisti, 2006, 2007, 2008a). Os teores de lipídios neutros, triglicerídios (TG), e de ácidos graxos dependem das espécies em cultivo e das condições da cultura, podendo ser diversificados por simples redirecionamento metabólico (Hu *et al.*, 2008).

As microalgas são fixadoras de CO₂ (1.8 a 2 kg/kg de biomassa), o que representa entre 10 a 20 vezes mais que o absorvido pelas culturas oleaginosas (Brown, Zeiler, 1993). Todos os vegetais são potencialmente geradores de renováveis uma vez que, ao fixarem o CO₂ no processo fotossintético, produzem biomassa que, transformada em biocombustível e queimada nos motores, retorna o CO₂ fixado à atmosfera, mas as microalgas, com alta taxa fotossintética (cerca de 10 vezes maior que a das plantas superiores) têm o potencial de sequestrar CO₂ acima da capacidade de ser CO₂-neutra, (Schenk *et al.*, 2008), sendo, portanto, comprovadamente mais eficientes em converter a energia solar em energia química, com variação em torno de 7-10%, versus máximos teóricos de 1,0 a 3,7% em cultivos de plantas superiores (Dismukes *et al.*, 2008; Weyer *et al.*, 2010).

As dificuldades em relação à produção de biomassa de microalgas são (Greenwell *et al.*, 2010): 1- identificação de cepas naturais do ambiente com alto teor de TG e ácidos graxos saturados ou mono-insaturados, e de crescimento rápido em condições inóspitas para outras espécies (no caso de cultivos abertos); 2- a escolha do sistema de cultivo e o conhecimento das condições ótimas para o máximo de produtividade; 3- o desenvolvimento de um sistema de cultivo com custo apropriado.

Basicamente, três sistemas de cultivo são propostos para microalgas (Benemann, 2008, 2009): (i) em tanques abertos, onde as condições sejam extremas para evitar contaminação do sistema por outras espécies ou supressão por ação do zooplâncton; (ii) em fotobiorreatores fechados, usualmente planos ou tubulares e, (iii) em sistemas híbridos envolvendo um fotobiorreator intermediário para servir como acelerador do cultivo em massa, que se concluirá em tanques abertos.

Os tanques são estruturas com 20-30 cm de profundidade, onde as culturas são submetidas a um contínuo fluxo, impulsionadas por dispositivos giratórios. Os fotobiorreatores consistem em tubos de paredes transparentes onde, sob um fluxo adequado, a cultura é mantida em condições controladas de temperatura e pH, com adição de CO₂ e de nutrientes. Tecnicamente os resultados são factíveis para todos estes sistemas, mas existem sérios entraves para o cultivo em escala em fotobiorreatores fechados devido aos custos (Benemann, 2008).

2. Produtividade e custos de implantação dos cultivos de microalgas

Até o momento, as microalgas não são ainda utilizadas como matéria-prima para biocombustíveis por nenhum empreendimento comercial do mundo, pelo menos de forma consistente e em escala (Weyer *et al.*, 2010). A razão se baseia nos altos custos de produção que não tornam os biocombustíveis de óleo algal competitivos, enquanto o preço do petróleo se mantém em torno de US\$ 80,00 (Chisti, 2007). Com a tendência de subida deste preço, a busca de produção de biomassa algal a custos competitivos já se inicia em vários países. Segundo Stern (2006) por volta de 2030, existirá em torno das microalgas e de material lignocelulósico um mercado de biocombustíveis que deverá atingir, então, cerca de US\$ 500 bilhões. O Brasil, já dispendo de potentes indústrias sucroalcooleiras e de condições climáticas adequadas, poderá optar por uma diversificação de matéria-prima mais eco-compatível, que evitará os problemas ambientais conseqüentes à ampliação de áreas plantadas com a cana ou com oleaginosas.

Valores de produtividade em biomassa indicados por diversas empresas estrangeiras de cultivo de microalgas (trabalhando com foco em produtos de alto valor agregado), variam de 0,025 kg/m²/dia (~82 t/ha/ano) em cultivo em tanques abertos, a 1,535 kg/m³/dia (~158 t/ha/ano), em cultivos em fotobiorreatores (Nakajima, Itayama, 2003; Chisti, 2009).

Valores de produtividade em óleo dependem de sua concentração na biomassa algal (20 a 70%). Benemann, Oswald (1996) estimaram ser possível, em tanques abertos, uma produção de 12 L de óleo/m²/ano, enquanto Zemke *et al.* (2010) mostraram ser termodinamicamente possível (com 9% de conversão da energia solar em TG), a produção máxima de 23 L/m²/ano, advertindo que, em uma estimativa conservadora, a produtividade não ultrapassa 15.8 L/m²/ano. Em fotobiorreatores, os valores citados em literatura variam muito, entre 16 t/ha/ano (Wijffels, 2008) até 53,2 t/ha/ano, embora com base nas leis da termodinâmica se possa estimar um máximo teórico de até 354 t/ha/ano (Weyer *et al.*, 2010).

Com relação aos custos de produção, para alguns autores (Chisti, 2007; Schenk *et al.*, 2008) com economia de escala, biocombustíveis oriundos da biomassa algal, cultivada tanto em tanques abertos, como em fotobiorreatores, podem alcançar preços competitivos em relação a combustíveis fósseis. Para outros (Benemann, 2008; Reijnders, 2009), ou o nível tecnológico atualmente alcançado ainda não permite uma eficiência energética capaz de assegurar a competitividade dos biocombustíveis (biodiesel) em relação aos combustíveis fósseis (Zemke *et al.*, 2010), ou este é um objetivo inalcançável (Tampier, 2009), caso a indústria não assuma o conceito de eco-eficiência, onde resíduos de produção sejam utilizados como matérias-primas.

No que diz respeito aos custos de implantação dos cultivos, os mais altos foram referidos por Tampier (2009), tomando por base a experiência da Seed Science Ltda. em British Columbia, indicando um custo de US\$ 1.5 milhões/ha apenas com a instalação de fotobio-

reatores, além de um custo adicional de operação que ampliava o valor de produção do óleo algal para US\$ 7 a 15,0/ L. Entretanto, custos de instalação intermediários (US 100 a 120.000,00/ha) são comuns, e possíveis, os de baixo custo como os da Empresa Diversified Energy, em Arizona (Hellman, 2010) que desenvolveu um sistema onde os tanques são substituídos por fotobiorreatores fechados, feitos de plástico transparente, levando a custos de instalação de cerca de US\$20.000,00/ha.

3. Sugestões para a diminuição de custos de implantação e de produção de biomassa algal.

Redução dos custos podem ser conseguidos com inovação. Os custos de produção cairão se a Empresa aderir à nova concepção de que “restos” não são lixo, mas insumos utilizáveis para mais produção de biomassa. Quanto aos fotobiorreatores, inova-se apostando no uso de material barato (bexigas/mangas plásticas), buscando a eficiência com base no conceito da eco-indústria, onde os resíduos do processo sucroalcooleiro são usados como insumos para a produção de microalgas, dentro da própria indústria ou em simbiose com outra. Com base nos custos totais de produção de biomassa de microalgas, a disponibilização de CO₂ e de nutrientes (10% de N e pelo menos, 1% de P) no meio de cultura representa cerca de 50% dos custos (Chisti, 2008a) e um alto percentual de consumo energético (10kWh/kg), para a fabricação dos fertilizantes. Este custo pode ser minimizado pela digestão anaeróbia do vinhoto, fornecendo nutrientes, pelo uso de CO₂ derivado da fermentação para a produção de etanol, e pelo reuso da água após tratamento em filtro biológico.

O alto consumo de eletricidade sobretudo pela necessidade de se movimentar uma grande massa de cultura, pode ser atendido pelo uso da energia da queima do bagaço nas usinas. Além da minimização de custos, há também nestas ações um ganho equivalente de eficiência energética. Uma eficiência de 30% de captura de CO₂, como “restos” de indústrias foi registrada em cultivos de microalgas em tanques abertos (Kadam, 2002; Benemann *et al.*, 2003).

Objetivos e metodologia

Objetiva-se otimizar processos envolvidos na produção sucroalcooleira, inserindo no sistema produtivo a formação biomassa microalgal para biocombustíveis, mediante uma série de ações que venham a aumentar a eficiência energética, diminuir os custos de produção, aumentar rentabilidade e proporcionar a sustentabilidade do segmento em todos os processos envolvidos. Ao invés de criar sistemas elaborados e complexos em termos de arquitetura, usam-se soluções inovadoras, baseadas em adaptação e melhorias em técnicas e processos padronizados para a agro-indústria, substituindo o conceito de “restos” por insumos aproveitáveis e fazendo da simplicidade e dos baixos custos de produção, seus vetores direcionais.

A metodologia considera as seguintes metas e ações:

1. Desenvolver um sistema de cultivo contínuo (modular) em fotobiorreator de baixo custo, como piloto para o cultivo comercial de microalgas
2. Inserir no processo de produção de biomassa algal ajustes tecnológicos e diminuição de custos, mediante reuso parcial da água das culturas (tratada em filtro biológico), e utilização de resíduos da atividade sucroalcooleira
3. Desenvolver tecnologias de concentração da biomassa (*dewatering*) pelo uso de floculantes orgânicos, de secagem da biomassa úmida e de extração do óleo, sem o uso de substâncias tóxicas, de modo a ser possível o seu reaproveitamento (produção de energia ou comercialização como ração) após a retirada do óleo
4. Aplicar as tecnologias adequadas à transformação do óleo em biocombustíveis, por exemplo, em biodiesel, ou em “jetfuel”, respectivamente, a partir do óleo algal rico em TG ou em hidrocarbonetos, caracteristicamente produzidos por microalgas do Gênero *Botryococcus* usando espécies nativas, já cultivadas no LABIOMAR/IB/UFBA, com alta produção de óleo (Nascimento *et al.*, 2009)
5. Construir a infraestrutura adicional ao sistema produtivo já existente:
 - 5.1- Um laboratório-base para a produção de microalgas em pequena escala (até 10L), e para obtenção de amostras em tamanho suficiente para permitir as necessárias análises químicas, para o preparo das soluções-mãe dos meios de cultura e para o controle dos parâmetros de cultivo, usando a tecnologia empregada no LABIOMAR/UFBA (Nascimento *et al.*, 2009).
 - 5.2- Um sistema hidráulico de captação de água (Fig. 3), seguido de um sistema de filtração (composto por um filtro de areia, com capacidade de retenção de partículas de 20 µm, e de um filtro biológico com capacidade para 35.000 L/dia.
 - 5.3- Um sistema de cultivo em pequena escala, envolvendo:
 - 5.3.1- Dois fotobiorreatores (250 L de capacidade) para o preparo do inoculo de espécies selecionadas (Nascimento *et al.*, 2009), feitos em tubos plásticos transparentes. Estes fotobiorreatores intermediários atuam como aceleradores, provendo uma quantidade de cultura limpa e suficientemente concentrada para encurtar a fase de crescimento das microalgas cultivadas de modo contínuo, em fotobiorreatores de maior capacidade.
 - 5.3.2- Instalação e otimização de um fotobiorreator piloto para cultivo de microalgas, com capacidade de produção de 10L de óleo/dia. Este fotobiorreator, feito de plástico resistente e transparente, será constituído por 20 sub-sistemas implantados no solo (Fig. 4), formados cada qual, por 2 bexigas plásticas maleáveis, mas resistentes, com 25 m de comprimento cada, unidas nas extremidades por uma “caixa de passagem” de plástico rígido, que servirá para unir os tubos dispostos em contra corrente, de modo que o fluxo circule continuamente entre

as duas bexigas. Estas bexigas (com 1 m de largura, e apenas 10 cm de altura), ao longo da parte maleável, serão dotadas de “travas” a cada espaço de 1m (tiras mais fortes presas na parte superior, “ancoradas” no sedimento, de cada lado dos tubos). Cada espaço de 1 m deste sistema tem capacidade para 100 L de cultura, de modo que cada subsistema de 50 m de comprimento suportará 5 m³ de cultura. O sistema completo (20 unidades) terá capacidade para 100 m³.

Na extremidade proximal um dos tubos do subsistema tem uma conexão, por onde recebe o inóculo, além do meio de cultura. Também tem uma conexão com o sistema de CO₂ (com oferta contínua durante um período de 12h de luz (6 da manhã às 6 da noite). A zona de desgasificação (por onde sai o excesso de oxigênio produzido durante a fotossíntese) é representada pelo espaço de ar na superfície superior da bexiga que, a cada metro, tem um pino liberador. Na extremidade do tubo distal se insere o controle da colheita que drena, quando aberto, por um canal, levando diretamente a um sistema de “drum-dryer” (tambor de secagem). O excesso de água é reconduzido ao sistema de filtração (Fig. 3) para promover o reuso e aproveitamento dos nutrientes, diminuindo assim os custos de produção.

A colheita, em cada sub-sistema, será de apenas 35%/dia (1.750 L de cada bexiga dupla), perfazendo um total de 35.000 L de cultura/dia que deverá fornecer um mínimo de 25 kg de biomassa (0,5 a 1,0 g/L). Considerando um rendimento de óleo de 40% (usando espécie previamente selecionada), pode-se obter 10 L de óleo dia, um volume adequado para um sistema piloto. A área de ocupação do sistema será de cerca de 600 m² para os 20 conjuntos e material subsidiário (motores, filtro biológico, tanques para inóculo, aceleradores, etc.), perfazendo 500 m² (100 m X 50 m), acrescidos de cerca de 100 m² de espaço de apoio.

5.4- Setor de extração do óleo e produção do biodiesel.

Tanto a extração do óleo, quanto a tecnologia a ser usada para a produção do biodiesel ou do jetfuel dependerão do tipo de óleo gerado que, por sua vez, estarão relacionadas ao tipo de microalga cultivada. O método de extração será por pressão da biomassa, para o que se necessitará energia proveniente da queima do bagaço. A biomassa remanescente (após a retirada do óleo), rica em nutrientes, poderá ser direcionada para o mercado de rações (o que exigiria análises químicas prévias ao tratamento específico), ou para a caldeira (mais prático nesta etapa inicial), servindo de substrato ao fornecimento de energia, como no caso do bagaço.

6. Instalação, manejo e ações para baixar os custos de produção

6.1- A instalação envolve a escolha de materiais baratos, o desenho, a montagem, a automação e o controle dos parâmetros físicos (fluxo de massa, iluminância, desgasificação, assentamento nos tubos e eficiência energética), além dos parâmetros físico-químicos de produção, como T^oC, luz, CO₂, e nutrientes (Nascimento *et al.*, 2009).

6.2- O redirecionamento metabólico nas espécies, por alterações de parâmetros de cultivo (deficit de N/P, alterações de irradiação, temperatura, etc.), capazes de promover aumentos de síntese das substâncias-alvo, determinadas por análises químicas;

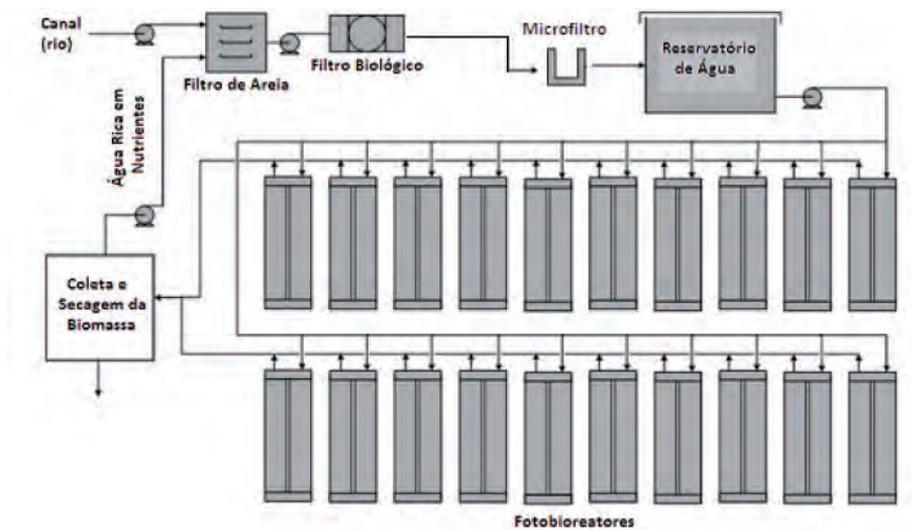


Figura 3.- Fluxograma ilustrativo da infraestrutura necessária ao processo de produção de microalgas em fotobiorreatores tipo bexigas plásticas (Nascimento, I.A., Guerrieri, Y., 2010).

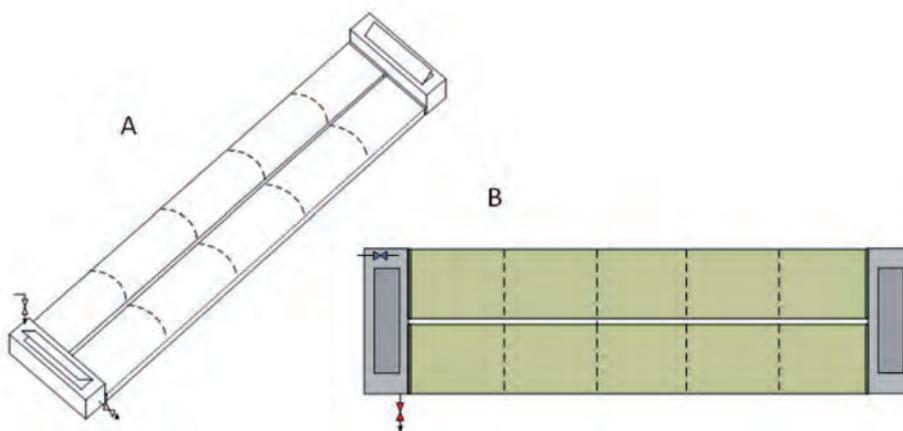


Figura 4.- Fotobiorreator tipo bexiga A: As caixas de ligação das bexigas nas extremidades têm tampas que permanecem fechadas durante a operação, sendo abertas apenas para manutenção de reator. B: Vista superior do fotobiorreator (Nascimento, I.A., Guerrieri, Y., 2010).

6.3- O barateamento dos custos de produção, com foco na oferta de N/P e CO₂, a partir de “restos” industriais. A produção artificial de 1kg de N (fertilizante)

consome 10kwh/kg; e o consumo de N é de 0,1 kg/kg de biomassa algal, que rende cerca de 30% de óleo; considerando o conteúdo energético do biodiesel como 9,2 kwh/L, só para o nitrogenio, haveria um auto-consumo de 1/3 do potencial de energia (Lardon *et al.*, 2009). O CO₂ também representa um custo alto nos cultivos de microalgas; cada kg de biomassa algal pode fixar 1,80 a 2,0 kg de CO₂. Caso o CO₂ seja obtido comercialmente a um custo R\$ 7,0/kg, a inserção deste custo na produção de biomassa, tornaria o processo economicamente inviável.

Discussão

Lucratividade da Empresa pela introdução do cultivo de microalgas e produção de biocombustível algal

A indicação dos produtos, co-produtos e restos utilizáveis neste trabalho se fundamentam no fluxograma do processo (Fig. 5), cujos valores dos produtos obtidos em cada etapa foram estimados com base em literatura e informações de indústrias do setor sucroalcooleiro. Acima da produção esperada de açúcar e álcool (respectivamente de 153 t e 12 m³, a introdução do cultivo de microalgas no processo, rende a mais, cerca de 30 t de biodiesel ou de combustível para aviação, 3 t de glicerol que, convertido a biogás gera energia (Yazdani, Gonzalez, 2007), além de um excedente de 14 MWh, caso se utilize também a biomassa algal, livre do óleo, no processo de co-geração. Isto, considerando um processamento mínimo (arbitrário) de 1.000 t de cana e de 55 t de pontas e palhas, com rendimento de acordo com a seguinte memória de cálculos: de uma t de cana processada são gerados entre 276 a 375 kg de bagaço, com um grau de umidade de 50%; cada t de cana colhida pode prover entre 140 a 238 kg de palhas e pontas (Braunbeck, Cortez, 2005).

Ocorre que, quando a colheita é manual, cerca de 70% em volume é perdido por este material, o que o reduz a um mínimo de 42 t/TC, ou a um máximo de 89 t/TC, com um teor de umidade de 35%. Para que o cálculo envolva a equivalência com o bagaço (50% de umidade), que também será usado para a geração de energia, consideramos um valor médio em torno de 55 t/TC de pontas e palhas entrando na caldeira. Com uma caldeira de capacidade média (80 Bar, com 480 °C na geração e consumo de vapor de 340 kg/TC (t de cana processada), tem-se um excedente de 102 MWh, suficiente para suprir a energia necessária a todo o processo de produção de biomassa de microalgas e do biocombustível gerado a partir do óleo algal.

Se a biomassa algal residual (após a extração do óleo) for direcionada à caldeira, adicionará à cogeração mais 14 MWh de energia excedente (0,15–0,65 m³/kg de biomassa seca; qualidade de 16,2 a 30,6 MJ/m³). Além deste aumento de energia gerada, o cultivo de microalgas vai adicionar ao sistema produtivo, a geração de 30 t de biodiesel/1000 TC processada, com uma sobra de 3,0 t de glicerol (caso a tecnologia utilizada seja a de transesterificação homogênea).

O cálculo da produção da biomassa algal foi feito com base na disponibilidade de CO_2 , já que a de nutrientes, provenientes da vinhaça (13 L de vinhaça/L de etanol produzido), não é limitante. O cálculo envolveu a produção de CO_2 (0,267 a 0,325 t/TC) de todo o processo, inclusive o da produção do etanol. Para o cálculo considerou-se a capacidade de seqüestro entre 1,8 kg de CO_2 /kg de biomassa algal (Chisti, 2007), com a possibilidade de 80% de aproveitamento do CO_2 , durante um fotoperíodo de 12h ($1,8 \times 0,80 \times 0,50$), o que resultou em 130 t de CO_2 /1000 TC processada.

Para se obter uma produção de 70 t/ano com a colheita de biomassa em cerca de 200 dias, uma quantidade aproximada de 350 kg de biomassa/dia deve ser obtida, o que irá prover, em um cultivo de maior escala, entre 140 a 150 L de óleo/dia. Isto indica a necessidade de um sistema pelo menos, 15 vezes maior em área, que o piloto (previsto para fornecer 10 L óleo/dia), o que significa uma necessidade de cerca de 1 ha em estruturas de cultivo, suportando 1.500 m³ de cultura (volume de colheita de 35%/dia), o que envolveria 300 módulos do cultivo em bexigas. Com base em dados da Empresa XL Renewables, que desenvolveu um modelo semelhante de fotobiorreator, com custo de implantação de US\$ 20.000,00/ha, e em dados de produção, (os mais conservadores, entre 30 a 60 t óleo algal/ha/ano, segundo Benneman, 2008), os lucros estimados (a serem devidamente confirmados, com o projeto piloto) seriam compensadores.

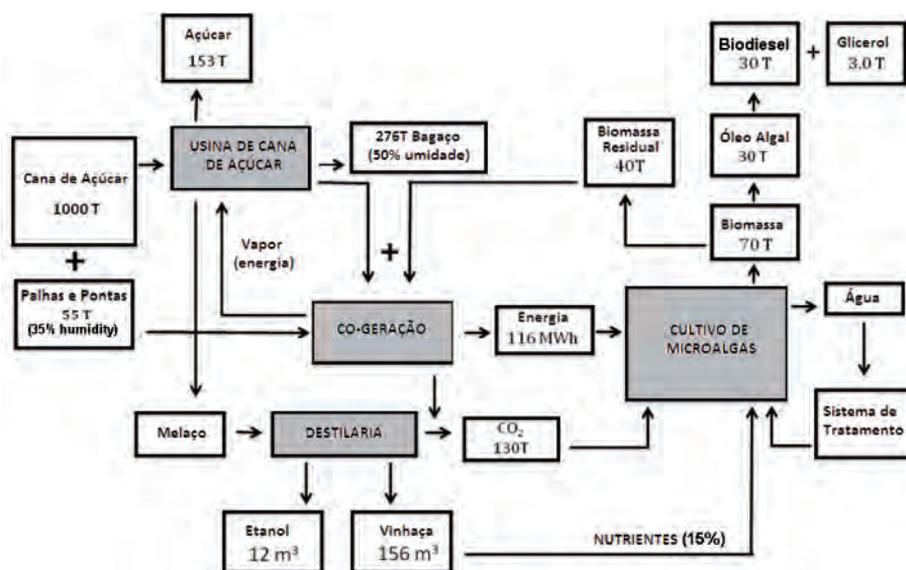


Figura 5 .- Fluxograma de produção da indústria sucroalcooleira, envolvendo o cultivo de microalgas para a produção de biocombustíveis e energia renovável, com o aumento da produção industrial decorrente do cultivo de microalgas (créditos de carbono não considerados).

Considerações finais

Em vista da importância das microalgas como matéria prima mais eco-compatível que todas as demais para a produção de combustíveis renováveis, e das amplas vantagens ambientais, econômicas e sociais que podem advir das eco-indústrias, é importante incluir, com prioridade, nos programas nacionais de biocombustíveis, a opção inserida neste projeto. O sector sucroalcooleiro, e todos os demais que geram grandes quantidades de CO₂ têm condições de acoplar a seus respectivos processos, a produção de microalgas, capazes de seqüestrá-lo e, ao mesmo tempo, produzir biomassa trazendo maior eficiência a estes sectores produtivos.

A formação de recursos humanos nesta área é uma necessidade, bem como o envolvimento da Academia com as Empresas, para que seja possível a instalação dos projetos pilotos em suas usinas e fábricas, única forma de se ter uma real perspectiva das possibilidades desta inovação. Conforme relatórios de abrangência internacional, fatalmente este campo estará desenvolvido dentro de poucos anos. Nesta “corrida” tecnológica pelo desenvolvimento sustentável, o Brasil, líder incondicional nos biocombustíveis não pode deixar de “competir”, diante das condições naturais que tem. O investimento em pesquisa e desenvolvimento deve ser estimulado, tendo a inovação como meta. O Brasil está diante da oportunidade ímpar de liderar em posição de vanguarda a geração de fontes energéticas renováveis, avançando na indústria sucroalcooleira, além do álcool combustível, com a implantação e/ ou extensão do conceito de eco-indústria.

Referências

- Anuário Análise Energia 2009. Anuário 2009. 233pp. www.analise.com.
- Banerjee A., Sharma R., Chisti Y., Banerjee, U.C. 2002. *Botryococcus braunii*: a renewable source of hydrocarbons and other chemicals. *Crit. Rev. Biotechnol.* 22(3): 245-279.
- Benemann J.R., Pedroni P.M., Davidson J., Beckert H., Bergman P. 2003. Technology Roadmap for biofixation of CO₂ and greenhouse gas abatement with microalgae. Proceed. Dept. of Energy/ NETL. *2nd National Conference on Carbon Sequestration*. May, 2003.
- Benemann J. 2008. Overview: Algae oil to biofuels. NREL-AFOSR workshop, Algae Oil for Jet Fuel Production, Arlington, VA, February, 2008. Available on www.nrel.gov/biomass/pdfs/benemann.pdf
- Benemann J.R. 2009. Microalgal Biofuels: a brief introduction. Beneman Associates and MicroBio Engineering, Inc. 13 pp.
- Benemann J.R., Oswald W.J. 1996. Systems and Economic analysis of Microalgae ponds for conversion of CO₂ to biomass. Pittsburg Energy technology Center, pp 260.

- Braunbeck O.A., Cortez L.A.B. 2005. O cultivo da cana de açúcar e o uso dos resíduos. In Uso da biomassa para produção de Energia na Indústria Brasileira. Rosillo-Calle F., Bajay S.V., Rothman H. Ed. Universidade Estadual de Campinas. Editora UNICAMP. ISBN: 85-268-0685-8.
- Brown L.M., Zeiler K.G. 1993. Aquatic biomass and carbon dioxide trapping. *Energy Conversion and Management*, 34:1005-10013.
- Chisti Y. 2006. Microalgae as sustainable cell factories. *Environmental Engineering and Management Journal*, 5 (3):261-274.
- Chisti Y. 2007. Biodiesel from Microalgae. *Biotechnology Advances*, 25: 294-306.
- Chisti Y. 2008a. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. *Trends Biotechnol. Biofuels*, 26: 126-131.
- Chisti Y. 2008b. Response to Reijnders: do biofuels from microalgae beat biofuels from terrestrial plants? *Trends Biotechnol*, 26 (7): 351-352.
- Dismukes G.C., Carrier D., Bennette N., Ananyev G.M., Posewitz M.c. 2008. Aquatic phototrophs: efficient alternatives to land-based crops for biofuels. *Curr. Opin. Biotechnol.* 19: 235-246.
- Doornbosh R., Steenblik R. 2007. Biofuels: Is the cure worst than the disease? IEA, OECD-Organization for Economic Co-operation and Development. Roundtable on Sustainable Development SG/SD/RT (2007) 3. 57pp.
- EMBRAPA Empresa de Pesquisa Energética, 2009 www.epe.gov.br
- Feinberg D.A. 1984. Fuel Options from Microalgae with Representative Chemical Compositions. SERI- Solar Energy Research Institute. Colorado, USA. SERJ/TR-231-2427.
- Firbank L.G. 2008. Assessing the Ecological Impacts of Bioenergy Projects. *Bioenerg. Res.* 1: 12-19.
- Garbosa F.G. Trindade J.L.F. 2007. Bioconversão de Resíduos Agroindustriais- Uma Revisão. *V Semana de Tecnologia em Alimentos*, 02 (01). 21 a 25 de maio. Paraná, Brasil.
- Gouveia L., Oliveira A.C. 2009. Microalgae as a Raw Material for Biofuels Production. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 36: 269-274.
- Graedel T.E. and Allenby B.R. 2002. Industrial Ecology. T.E. Graedel, Braden R. Allenby Ed. 2nd Edition. *Prentice Hall Publisher*, 416 pp. ISBN: 0131252380
- Greenwell H.C., Laurens L.M.L., Shilds R.J., Lovitt R.W., Flynn K.J. 2010. Placing Microalgae on the Biofuels Priority List: a Review of the Technological Challenges. *J. R. Soc. Interface*, 7: 703-726.
- Hellman, Z. 2010. Green Growth. The Jerusalem Report. Julho de 2010. 3 pp.
- Hu G., Sommerfeld M., Jarvis E., Ghirardi M., Posewitz M., Seibert M. IEA-International Energy Agency. *World Energy Outlook*, 2007. Paris. France

- Kadam K.L. 2002. Environmental implications of power generation via coal-microalgae co-firing. *Energy*, 27: 905-922.
- Kurki A., Hill A., Morris M. 2006. *Biodiesel: the sustainability dimensions*. Driscoll, P. ed. National Center for Appropriate technology (NCAT)/ ATTRA, USA. 11pp
- Lardon L., Hélias A., Sialve B., Steyer J.P., Bernard O. 2009. Life-cycle Assessment of Biodiesel production from microalgae. *Environmental Science, Technology*, 43(17): 6475-6481.
- Macedo I.C., Seabra J.E.A., Silva J.E.A.R. 2008. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. *Biomass and Bioenergy*, 32:582-595.
- Mata M.T., Martins A.A., Caetano N.S. 2010. Microalgae for Biodiesel Production and Other Applications: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 217-232.
- Metzger P., Largeau, C. 2005. *Botryococcus braunii* a rich source for hydrocarbons and related ester lipids. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 66: 486-496.
- Nakajima Y., Itayama, T. 2003. Analysis of photosynthetic productivity of microalgal mass cultures. *Journal of Applied Phycology*, 15: 497-505.
- Nascimento I.A., Pereira S.A., Leite M.B.N.L., Santos J.N., Nascimento T.P., Nascimento M.A., Neto B.J.C., Sousa C.S. 2009. Microalgas como matéria-prima para Biocombustíveis: importância no cenário atual, principais entraves e resultados promissores na Bahia. ISSN (1982-2197). *Diálogos, Ciência*, 1: 11-29.
- OECD, 2005. Agricultural Market Impacts of Future Growth in the Production of Biofuels. Document No. AGR/CA/APM (2005)24/FINAL. Paris.
- OECD/FAO, 2009. Agricultural Outlook 2009-2018. Organisation for Economic Cooperation and Development; Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2009 Report. 95pp
- Pérez, H.E.B. 2007. Biodiesel de Microalgas. Parte I. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares- IPEN. São Paulo. p 1-19.
- Rabinovitz R. 2010. Carbon marketing: trading strategies. In *Dealing with Climate Changes*, ECX (European Climate Exchange, London 2010). 80-82.
- Reijnders L. 2008. Do biofuels from microalgae beat biofuels from terrestrial plants? *Trends Biotechnol.* 26 (7): 349-350.
- Sawayana S., Minowa T., Yokoyama, S.Y., 1999. Possibility of renewable energy production and CO₂ mitigation by thermochemical liquefaction of microalgae. *Biomass and Bioenergy*, 17(1): 33-39.
- Schenk P.M., Thomas-Hall S.R., Stephens E., Marx U.C., Mussgnug J.H., Posten C., Kruse O., Hankamer B. 2008. Second generation biofuels: high efficiency microalgae for biodiesel production. *Bioenergy Research*, 1:20-43

- Searchinger T., Heimlich R., Houghton R.A., Dong F., Elobeid A., Fabiosa J. 2008. Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land use change. *Science*. 319: 1238-1240.
- Spolaore P., Joannis-Cassan C., Duran E., Isambert A. 2006. Commercial applications of microalgae. *J. Biosci. Bioeng.* 101: 87-96.
- Stern N. 2006. The economics of climate change; the Stern Review. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tampier M. 2009. A sober look at biofuels from Algae. Biomass Magazine. Envint Consulting. Montreal. 3pp
- Weyer K.M., Bush D.R., Darzins A., Wilson B.D. 2010. Theoretical Maximum Algal Oil Production. *Bioenerg. Res.* 3: 204-213.
- Wijffels R.R. 2008. Potential of sponges and microalgae for marine biotechnology. *Trends Biotechnol.* 26: 26-31.
- Yazdani S.S., Gonzalez R. 2007. Anaerobic Fermentation of Glycerol: a Path to Economic Viability for Biofuels Industry. *Current Opinion in Biotechnology*, 18: 213-219.
- Zemke P.E., Wood B.D., Dye D.J. 2009. Considerations for the maximum production rates of triacylglycerol from microalgae. *Biomass and Bioenergy*, 34:145-151.

Principales especies cultivadas de planos en Europa

Fernández J., Romero R., Ruiz A.

INUIÑA S.A.- Ardía 172. 36980 O Grove. Pontevedra. España

Email: jfcasal@acuinova.com

Introducción

En Europa, las primeras experiencias en acuicultura acontecen con el Imperio Romano hace 2000 años, donde el cultivo de ostras estaba ciertamente extendido. Aristóteles y Plinio ya hablan de las ostras en sus escritos. Podemos situar los primeros momentos de la piscicultura en las zonas de marisma donde se conjugaban las tareas de engorde con las de la extracción de sal (hasta el siglo X).

En el siglo XIV, el cultivo de la trucha cobra gran impulso en Francia. En el 1842, dos pescadores franceses obtienen puestas viables y logran alevines de trucha que criaron en tanques con éxito.

Los países Nórdicos, ocupan un puesto relevante en el cultivo de salmónidos. En Noruega en el año 1910 comienzan el cultivo de la trucha logrando adaptarla el agua de mar y la moderna piscicultura en agua salada de Noruega se instala en las gélidas aguas de los fiordos en el 1950.

El gran hito en la Piscicultura Marina, se produce en el año 1960 cuando el japonés Ito logró aclimatar el rotífero *Brachionus plicatilis* al agua de mar. Su aplicación en los criaderos de peces fue inmediata como alimento de las larvas. Así comienza el auge de los criaderos de peces.

Los primeros trabajos del cultivo del rodaballo se remontan a principios del siglo XX pero no es hasta el 1968 cuando Alan Jones obtiene las primeras metamorfosis de las larvas después de 68 días de cría, en este mismo año comienzan los estudios sobre la platija.

Principales especies cultivadas en Europa

En la tabla I citamos las 8 especies más destacadas y con mayor desarrollo en la acuicultura de Europa y en la figura 1, exceptuando la anguila, por su producción incipiente, la producción en t en el año 2008 de estas especies.

Tabla I.- Especies más destacadas de la acuicultura Europea.

Nombre común	Nombre científico
Salmón atlántico	<i>Salmo salar</i>
Trucha arco iris	<i>Onchorynchus mykiss</i>
Dorada	<i>Sparus aurata</i>
Lubina	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Carpa común	<i>Cyprinus carpio</i>
Bacalao	<i>Gadus morhua</i>
Rodaballo	<i>Scophthalmus maximus</i>
Anguila	<i>Anguilla anguilla</i>

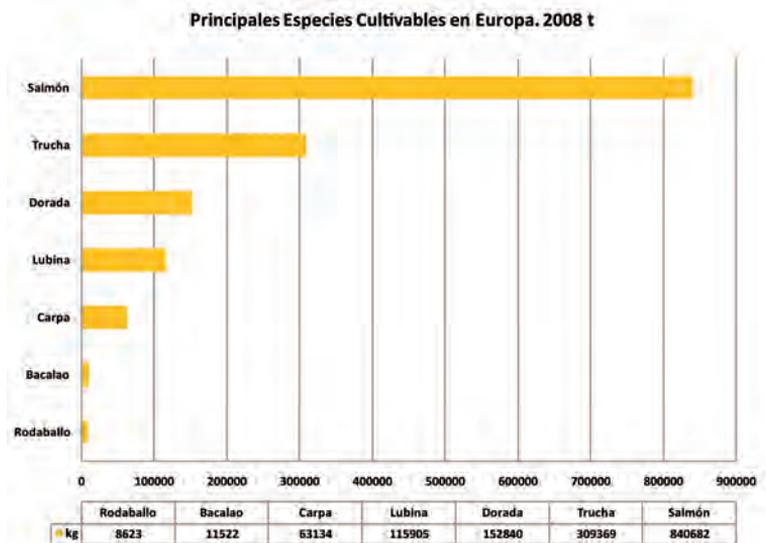


Figura 1.- Producción de las principales especies de peces en Europa. Año 2008.

Como podemos observar el cultivo del salmón en Europa es hegemónico con más de 800.000 t, seguido ya a distancia del cultivo de la trucha con una producción de más de 300.000 t. El cultivo del bacalao y el rodaballo todavía están en producciones menores.

Peces planos cultivados en Europa

En Europa se cultivan más de 8 especies de planos pero tan solo 3 especies (Halibut, Lenguado y Rodaballo) representan más del 95% de la producción total de planos:

- Halibut, *Hippoglossus hippoglossus*
- Lenguado, *Solea senegalensis*
- Rodaballo, *Scophthalmus maximus*

Otras especies de planos en producciones menores:

- Platija, *platichthys flesus*
- Acedía, *Dicologlossa cuneata*
- Remol, *Scophthalmus rhombus*
- Rodaballo Mar Negro, *Scophthalmus meoticus*

Cultivo larvario de planos: principales rasgos diferenciadores

Se observa una gran variabilidad en las condiciones del cultivo larvario de peces planos. Así dependiendo de la especie a cultivar, la temperatura de cultivo larvario puede oscilar desde los 10°C para el fletan a los 20°C necesarios para cultivar el lenguado o el rodaballo. Lo mismo sucede para la temperatura de incubación. Se necesitan 8°C para incubar huevos de fletan y para el rodaballo la incubación de huevos es a 14°C.

Un punto crítico en el cultivo del fletan son los días necesarios para la incubación pues se precisan entre 34 y 45 días y en el caso del lenguado los huevos ya eclosionan a los 3-6 días.

La supervivencia, es máxima, superando el 60% en el *Solea senegalensis* y se obtienen supervivencias medias de 20% en el larvario del rodaballo *Scophthalmus maximus*.

	Rodaballo	Fletán	Lenguado
• Temperatura °C	16-20	10-12	18-20
• Incubación °C	14	6-8	18-13
• Incubación días	7	35-40	3-6
• Supervivencia%	15-20	30-50	>60

Principales parámetros de cultivo de planos

Cultivo de Halibut (Fletán)- *Hippoglossus hippoglossus*

- Distribución: Parte septentrional del Atlántico, Terranova, Groenlandia, Islandia, Mar de Barents, Mar del Norte y Golfo de Vizcaya.
- Temperatura de cultivo: 6-12°C
- Curva de crecimiento: 36-40 meses de 3 a 5 kg
- Sistema de cultivo: en tierra o jaulas
- Países producción: Noruega, Islandia y Reino Unido
- Producción anual: En 2008 se produjeron 1119 t (Fig. 2)
- Precios: de 8-10 €
- Puntos Críticos: Velocidad curva de crecimiento, relación machos/hembras, costes de fabricación.

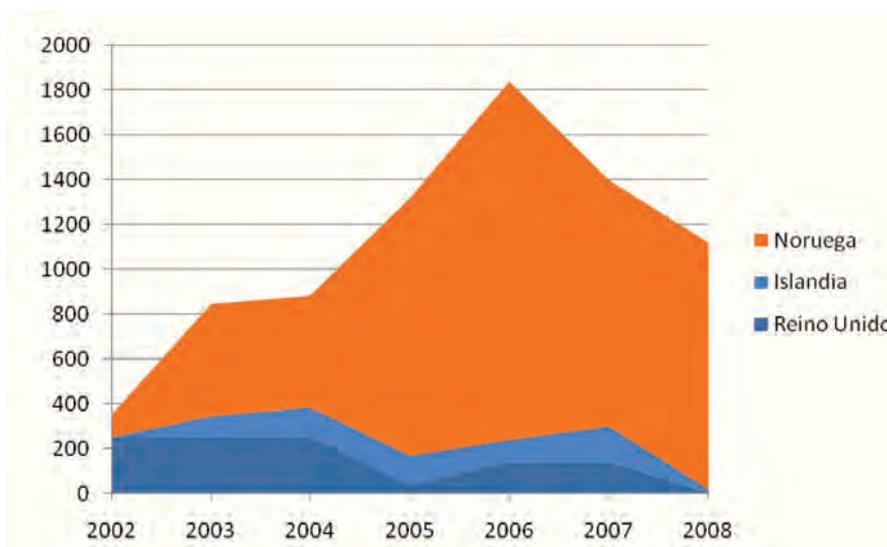


Figura 2.- Evolución de la producción de Halibut en Europa.

Cultivo de Lengado- *Solea senegalensis*

- Distribución: En el Atlántico desde el golfo de Vizcaya hasta la costa de Senegal. Menos frecuente en el Mediterráneo occidental
- Temperatura de cultivo: 16-22°C
- Curva de crecimiento: 18-22 meses de 0,3 kg a 0,5 kg
- Sistema de cultivo: en tierra y generalmente en sistemas en recirculación.

- Países producción: España, Portugal y Francia
- Producción anual: En 2009 se produjeron 300 t (Fig. 3)
- Precios: de 12-16 €
- Puntos Críticos: Patología en la fase de alevinaje. Mantenimiento estable de la temperatura del agua de cultivo.

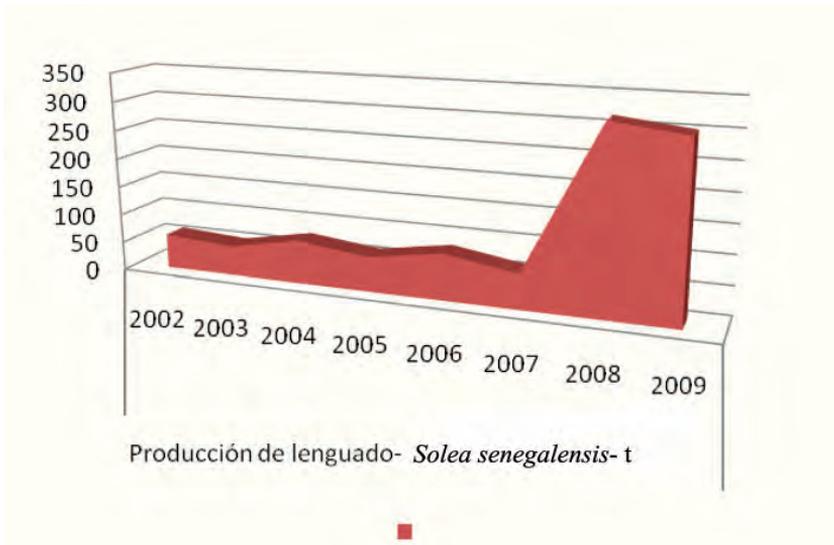


Figura 2.- Evolución de la producción del Lenguado en Europa.

Cultivo del Rodaballo- *Scophthalmus maximus*

- Distribución: En el Atlántico desde las islas Lofoten (Noruega) hasta la costa marroquí y Mediterráneo.
- Temperatura de cultivo: 14-20°C
- Curva de crecimiento: 22-26 meses de 1,8 kg a 2,3 kg
- Sistema de cultivo: en tierra.
- Países producción: España, Portugal y Francia
- Producción anual: En 2009 se produjeron 9142 t (Fig. 4)
- Precios: de 8-15 €
- Puntos críticos: Localización idónea de lugares para cultivo.

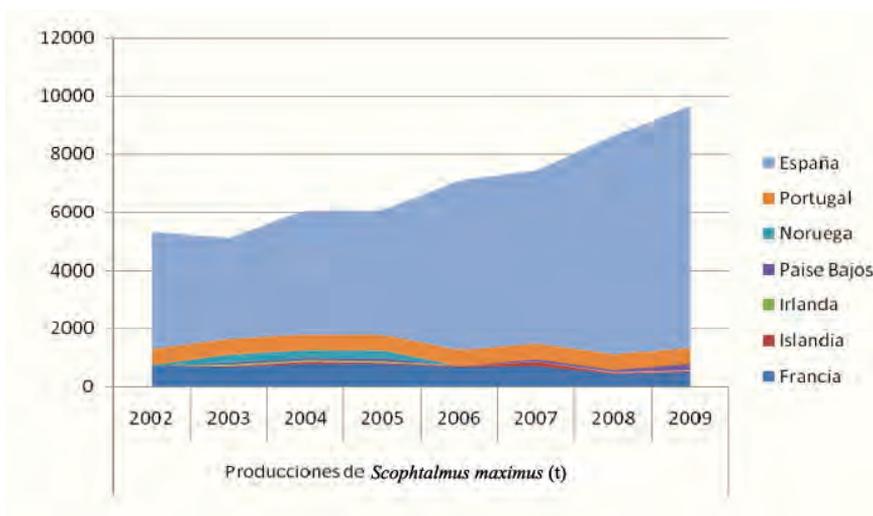


Figura 4. - Evolución de la producción del Rodaballo en Europa.

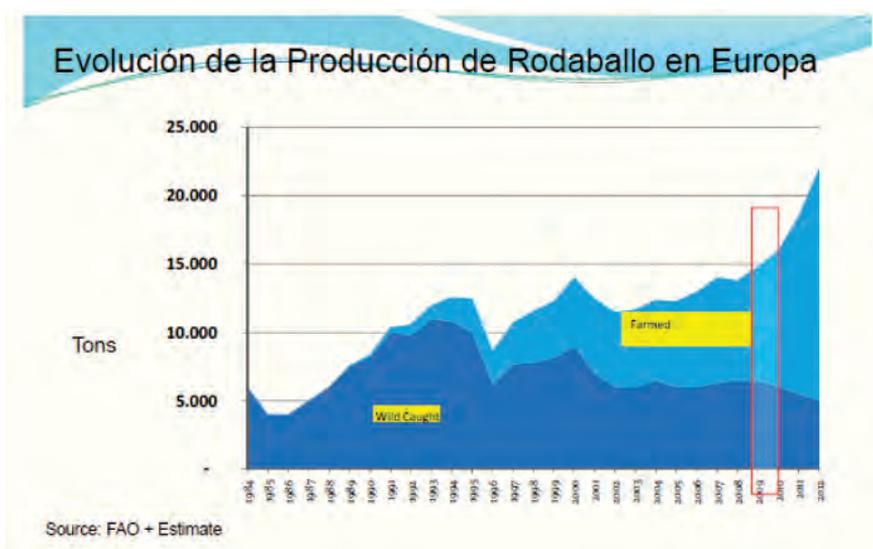


Figura 5.- Evolución de la producción de rodaballo en Europa y desde 1984 y su tendencia al 2012.

En la figura 5, observamos como en la actualidad la producción del rodaballo de crianza supera con creces a las descargas de rodaballo de pesquería. Las previsiones para el año 2012 estiman una producción de rodaballo de crianza de 20.000 t. España con una producción de 10.000 t es el país líder en el cultivo seguido de Portugal que con una crianza de 7000 t de rodaballo será el segundo productor mundial (exceptuando China). Francia con 800 t de rodaballo es el tercer país cultivador del pez plano. Países como Países Bajos, Reino Unido, Alemania, Islandia, Dinamarca e Irlanda tienen una producción de 150 t (Fig. 6).

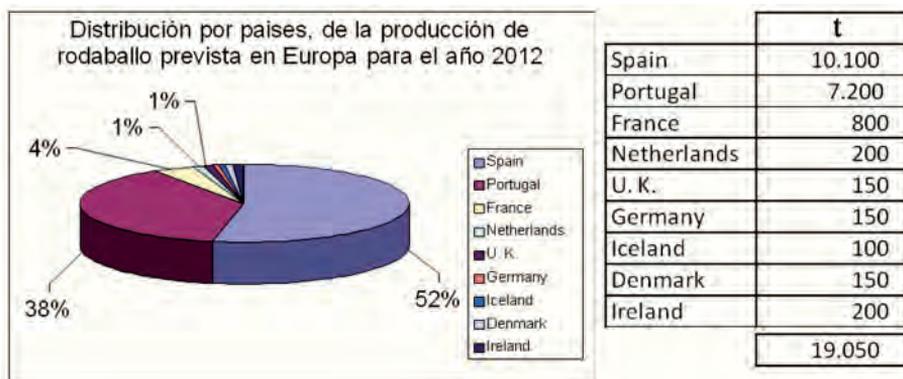


Figura 6.-Principales empresas productoras de planos en Europa.

Insuiña. Fundada en 1983 en O Grove, Galicia.

En la actualidad tiene 4 centros de trabajo y produce 15.000.000 de alevines de Rodaballo y 3000 t de rodaballo.

Acuinova. Ubicada en Mira, Portugal. Es actualmente la empresa más grande de cultivo de planos del mundo. (Fig. 7)

Ambas empresas pertenecen al Grupo Pescanova.

La planta de Mira-Portugal, tiene una superficie cultivable de 160.000 m² con una capacidad de producción de 7000 t de rodaballo al año.

Posee más de 480 tanques de preengorde de 40 m² y 1.248 tanques de crianza donde se estabulan más de 11.000.000 de alevines procedentes de sus propios criaderos.



Figura 7.-Acuinova. Ubicada en Mira, Portugal.

Acuinova. Empresa dedicada al cultivo del rodaballo perteneciente al grupo Pescanova. En la actualidad es la empresa más grande del mundo dedicada a la crianza de peces planos.

Futuro

Líneas prioritarias de I+D+i en el cultivo de rodaballo.

Destacamos en este apartado las necesidades y líneas de investigación de I+D+i necesarias que se están llevando a cabo para una mejor productividad del cultivo de planos y en concreto del rodaballo.

- Programa de selección genética
 - ◇ Velocidad de crecimiento
 - ◇ Índices de conversión
 - ◇ Resistencia a enfermedades
- Desarrollo de nuevas formulas de pienso: búsqueda de nuevas formulas y materias primas para la nutrición de peces.
- Desarrollo de nuevos sistemas de cultivo: reducción de los costes operacionales.
- Desarrollo de nuevas especies y tecnologías: vacunadoras, clasificadoras, visión artificial,...
- Nuevos procedimientos de control de patologías: vacunas, métodos de diagnóstico por PCR, probióticos,...
- Desarrollo de nuevas presentaciones
- Nuevos mercados
- Medioambiente: Valorización de residuos y efluentes del cultivo.

La agroindustria de peces marinos, oportunidad de desarrollo para México

Moreno C.

Fundación Sonora. NegoPlaza, Edificio A, Piso 2. Blvd. Luis Donaldo Colosio 158, esq. Periférico Solidaridad. Col. Villa Satélite. C.P. 83200. Hermosillo, Sonora, México. E-mail: cmoreno@fundacionsonora.com

Resumen

El mercado de productos pesqueros frescos de Estados Unidos entrega una interesante oportunidad de negocio para el desarrollo de la acuicultura de peces marinos en el noroeste de México, actividad que se presenta como la única alternativa para abastecer la creciente demanda de alimentos y el decaimiento sostenido de la pesquería tradicional.

El presente trabajo da cuenta de las acciones realizadas por Fundación Sonora para lograr capturar la mencionada oportunidad, como son estudios de mercado, técnicos, estratégicos y de localización, que sientan las bases para el desarrollo de esta nueva actividad en una importante área de México.

Se analizaron tres especies nativas del Golfo de California: el Lenguado ó Californian Halibut (*Paralichthys californicus*), el Jurel, Yellowtail ó Hiramasa (*Seriola lalandi*) y la Curvina ó White Seabass (*Atractoscion nobilis*), de las cuales, por una combinación de variables técnicas como de mercado, se decidió impulsar en primer lugar al Jurel, que luego de consolidado, se focalizarán los esfuerzos en las dos especies restantes.

La materialización de este proyecto entregará un real impacto económico y social, que permitirá a México posicionarse como un actor relevante en la acuicultura a nivel global y perfilarse como el principal abastecedor de pescados marinos frescos Premium de los Estados Unidos de América.

Palabras clave

Peces marinos, *Seriola lalandi*, Maricultura, Yellowtail, Hiramasa

Introducción

La captura de especies marinas ha llegado a su máxima capacidad y comenzó a estabilizarse a finales de la década de los 80s, creciendo sólo a un ritmo de 2,3% anual durante los últimos 20 años. De ésta manera, la acuicultura se ha convertido en el motor de crecimiento de la industria, registrando una tasa de aumento del 8,0% anual desde 1987.

Producción pesquera mundial (1950-2007)

Millones de toneladas al año

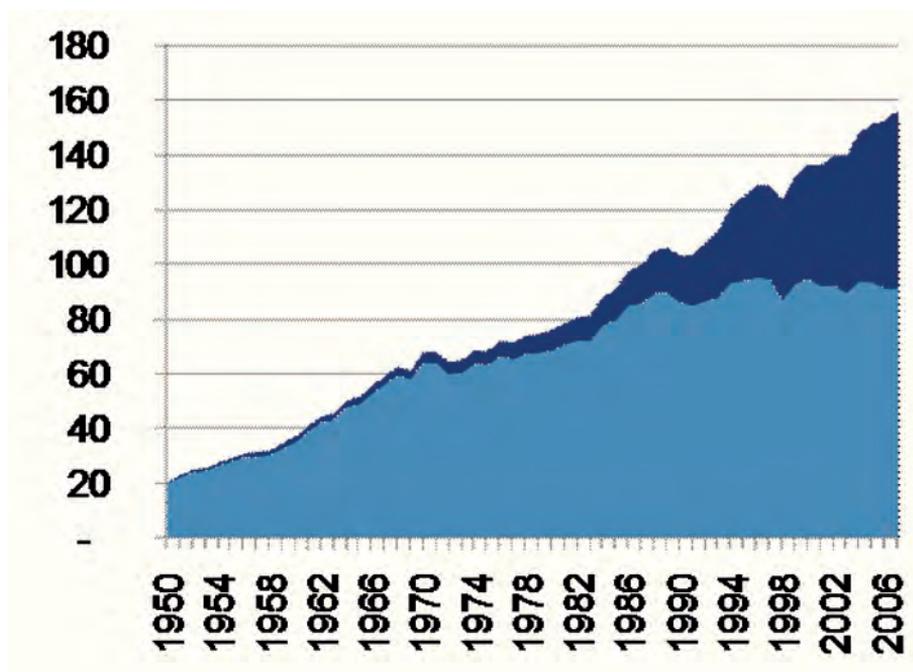


Figura 1.- Producción pesquera mundial (1950-2007), millones de toneladas al año. (Fuente: FAO Fishstat).

La demanda de pescado en los Estados Unidos está creciendo constantemente, y la carencia de las pesquerías tradicionales sólo aumentará la presión para que la acuicultura

abastezca este mercado.

Los estudios realizados por el Instituto Nacional de la Pesca de México, sobre el estado de las pesquerías indican que el 78% se encuentran en el máximo aprovechamiento sustentable; el 15% en deterioro y solamente el 7% con potencial de desarrollo (Carta Nacional Pesquera, 2006). A partir de esta evaluación, se puede considerar a la acuicultura y, en especial el cultivo de peces marinos, como una alternativa sustentable para contribuir al abasto alimentario nacional e internacional.

El desarrollo de la maricultura en México lleva un retraso de más de 10 años con respecto a otros países que han visto en ella una opción productiva altamente rentable. México ha centrado su desarrollo en esfuerzos aislados con un enfoque meramente científico, con poca vinculación con el sector productivo.

El siguiente paso es realmente desarrollar un sector productivo captando experiencias y tecnologías en la parte del mundo que ésta se encuentra, ya sea a nivel regional, nacional o mundial, tendiente a consolidarse lo más rápidamente posible en un mercado que está en una de sus mejores facetas de crecimiento.

Metodología

Los pasos desarrollados por Fundación Sonora se basan en aspectos técnicos como de mercado, ya que un proyecto sustentable debe contar con una viabilidad financiera que le permita permanecer en el tiempo por los méritos propios del producto a desarrollar y posteriormente vender.

En este sentido, y conscientes de estar al lado de un gran mercado consumidor de productos marinos, se contrató a la Thunderbird School of Global Management, a través de Thunderbird Learning Consulting Network (TLCN), para que analizara el mercado de tres especies marinas nativas del Mar de Cortés, ampliamente reconocidas en el mercado de Estados Unidos, el Lenguado ó Californian Halibut (*Paralichthys californicus*), Jurel, Yellowtail ó Hiramasa (*Seriola lalandi*) y Curvina ó White Seabass (*Atractoscion nobilis*).

Estas tres especies pueden considerarse pescado “Premium”, entendiéndose como tal al producto que alcanza un precio por kilogramo mayor a 4,5 dólares, es consumido por un sector de la población de EEUU con un nivel de ingreso alto y se encuentra principalmente en restaurantes de mantel blanco y de comida japonesa.

Paralelamente se realizó el estudio oceanográfico denominado “Formulación y gestión de un proyecto de maricultura oceánica en la región centro del Estado de Sonora” que busca-

ba un sitio adecuado para la instalación de artes de cultivo que hicieran factible satisfacer la demanda detectada en el mercado de Estados Unidos, considerando en principio las especies *Seriola lalandi* y *Seriola rivoliana*.

Los resultados de mencionado estudio oceanográfico detonaron la búsqueda de alternativas tecnológicas no triviales en México, siendo analizadas alternativas de solución en diferentes países del mundo, información que será reportada en el siguiente apartado.

Resultados

El Producto

El Jurel o Yellowtail (*Seriola lalandi*) es un pescado Premium con excelentes características. Perteneciente a la familia de las *Seriolas* spp. y es altamente valorado por el mercado de Japón, China, Corea y Europa, como uno de los mejores peces para la elaboración de platillos frescos como el “Sushi” o “Shashimi” o marinados y fritos como el “Teriyaki”.

El pez de las *Seriolas* que más se consume a nivel mundial es el “Japanese Amberjack” (*Seriola quinqueradiata*) perteneciente a la misma familia que el Jurel. Su principal mercado es Japón, donde es altamente cotizado por sus características de sabor y alimentación. A nivel global el “Japanese Amberjack” es el tercer pez con mayor valor comercial producto de la acuicultura.

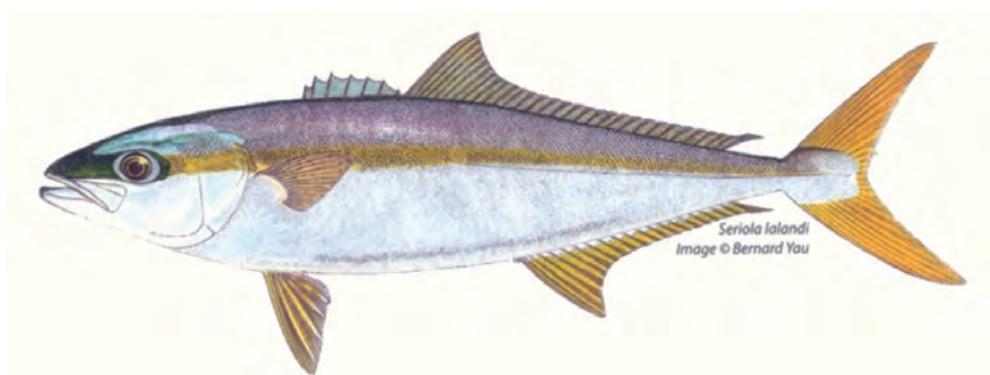


Figura 2.- *Seriola lalandi*.

Las principales razones que hacen atractivo el cultivo de esta especie en el noroeste de México son: crecimiento rápido, adaptable al confinamiento para su cultivo, carne de alto valor comercial, conocimiento técnico y experiencia disponible sobre su cultivo. Además, se puede comercializar de varias formas: entero (vivo o fresco), filetes (completo, abdomen o cola), lomos y chuletas.

Aspectos de mercado

El estudio contratado identificó los 50 principales proveedores de restaurantes de sushi y de las 5 cadenas de restaurantes de mantel blanco más importantes de los Estados Unidos, así como entrevistas a 76 distribuidores y 70 restaurantes y detallistas, expertos comerciales, académicos y gubernamentales, entre otros.

Además se analizaron los precios en varios mercados, como San Pedro Fish Market, NYC Fulton, entre otros, y fuentes públicas como FAO Fisheries department, Japan External Trade Organization, California Department of Fish & Game y Division of Marine Fisheries, y Ministry of Maritime Affairs and Fisheries of the Republic of Korea.

La producción total de peces en EEUU fue de 1,32 millones de t en el 2007, donde se consideraron como pescado Premium ya que superan un precio de 4,5 USD/kg y que tuvieron una producción de más de 600 toneladas. La producción de pescado Premium fue de 218 mil toneladas que representa el 16,7% de la producción total, considerando captura, importaciones y exportaciones (Fuente: NOAA).

Las conclusiones del proyecto Fundación Sonora - Aquaculture “go to market” strategy - señalaron la existencia de un mercado que paga para cada una de las especies analizadas precios superiores a 9 USD/kg y que valoran la presentación de Fresco Entero Eviscerado, donde la localización de Sonora tiene claras ventajas con respecto a los potenciales competidores.

Aspectos de localización

La región del Noroeste de México, y de Sonora en particular, posee una ventaja competitiva estática crucial en el mercado de los productos frescos, que está representada por su ubicación cercana al mercado de destino, identificado preliminarmente como la costa oeste de Estados Unidos. Por lo tanto, es factible explotar esta ventaja diferenciando la oferta, al concentrarse en productos que no puedan ser surtidos en condiciones ventajosas desde localidades más retiradas, como lo son: pescado vivo y fresco.

Esta cercanía geográfica permite una logística basada en el transporte terrestre, con las consiguientes ventajas de costo y simplicidad que ninguno de los actuales competidores puede ofrecer, como Australia, Chile, Malasia y Arabia Saudita.

La posición geográfica de Sonora permite entregar pescado a los principales mercados en EEUU en un máximo de 56 h por carretera, considerando tiempo de aduanas, puntos de revisión, transferencia de la carga, y otras necesidades logísticas.

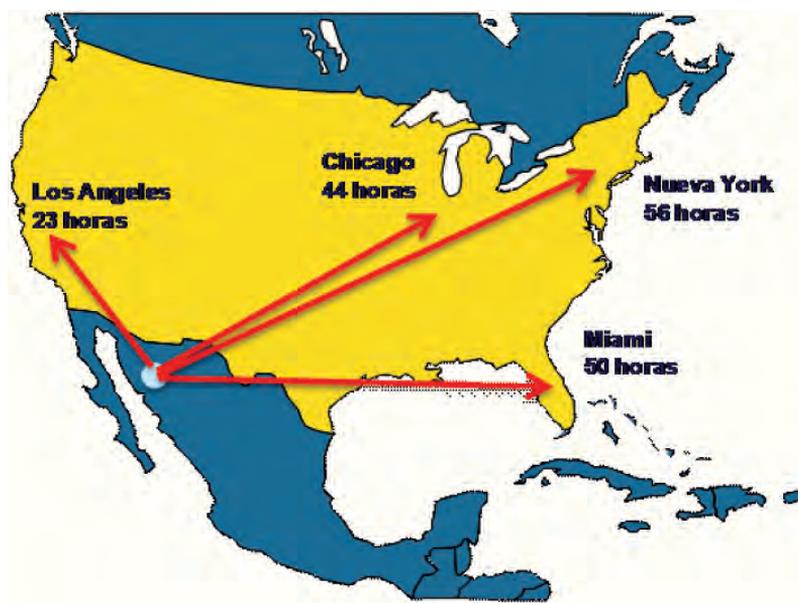


Figura 3.- Cultivo de peces (Premium) en Sonora, Lumen para Fundación Sonora. Incluye tiempo de aduanas, transferencia de la carga y otras necesidades logísticas

Aspectos del estudio técnico

Una de las conclusiones más destacadas de este estudio oceanográfico, fue las difíciles condiciones que presenta el Golfo de California para el establecimiento de granjas marinas con tecnología superficial, ya que las temperaturas promedio oscilan entre 16°C en invierno hasta 32°C en verano, haciendo inviable el cultivo todo el año de manera óptima en superficie, para cualquier organismo marino de interés comercial.

Consientes de lo anterior, se analizaron las alternativas tecnológicas para el desarrollo de la industria de peces marinos, las que incluyen el cultivo profundo en jaulas submarinas y sobre tierra con tecnología de recirculación, seleccionando la última debido a la factibilidad de poder comercializar un producto de calidad y homogéneo todo el año, claves que fueron destacadas por el estudio de mercado de Thunderbird.

Aspectos de mercado y tecnológicos se conjugaron para decidir al Jurel o *Seriola lalandi* como la primera especie para desarrollar el cultivo de peces marinos. Dentro de los primeros destacan ser reconocida en el mercado destino, mayor tamaño, atributo valorado por los chef que permite entregar una mayor variedad de cortes y preparaciones, precio de mercado superior, entre otros. Los segundos tienen relación con su naturaleza nativa, contar con tecnología para las engordas y factibilidad de instalar un laboratorio productor de juveniles, entre otras.

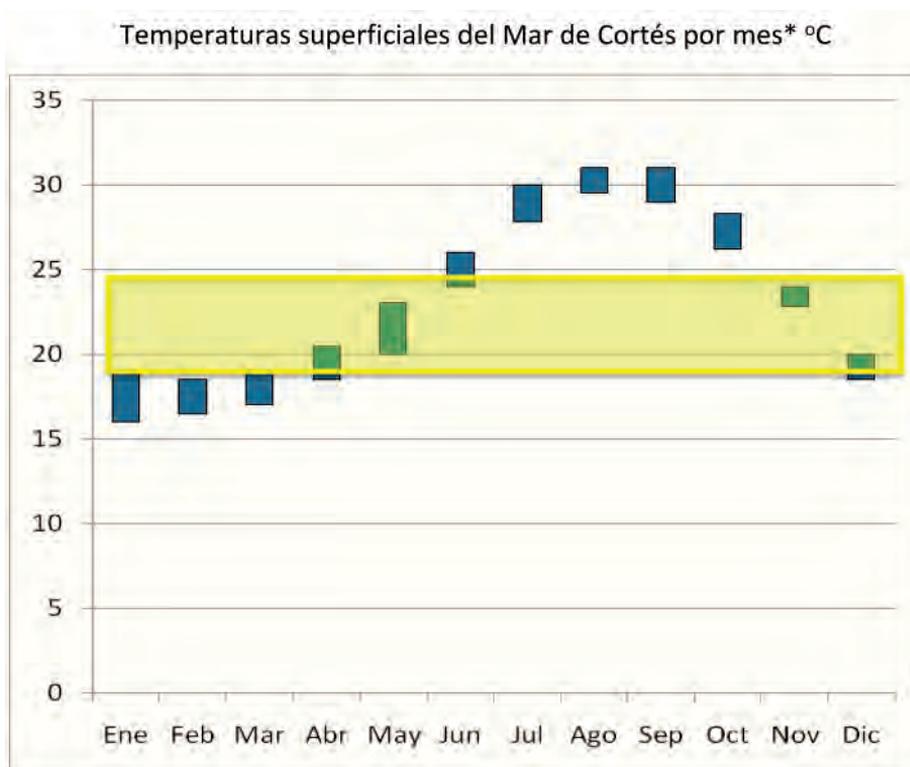


Figura 4.- Representación del rango de temperatura general para *Paralichthys californicus* y *Seriola lalandi* (18-24 °C). Temperaturas basadas en “Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California”, Soto *et al.*, 1998.

Si bien existen laboratorios comerciales de esta especie funcionando en otras latitudes del globo, por las condiciones propias y la necesidad de asegurar un abasto seguro, homogéneo y sanitariamente certificado en el tiempo, se identificó la tecnología de AKVA para el desarrollo del Laboratorio productor juveniles de *Seriola lalandi*, pieza clave y estratégica para la detonación de este nuevo sector productivo y capitalizar la oportunidad de mercado identificada.

El sistema propuesto se le conoce por sus siglas en inglés (RAS) que significan sistema de recirculación para acuicultura. La tecnología RAS consiste en la recreación en tierra firme de las condiciones óptimas del mar para el cultivo de peces marinos.

Al controlar la temperatura y recrear las condiciones óptimas para el pez, se pueden obtener mejores tiempos para llegar al peso objetivo, a diferencia de las condiciones del mar sobre las que no se tiene un control continuo. Además, el factor de conversión alimenticia (relación entre kg de alimento a kg de peso ganado por el pez) puede llegar a ser cercano a

1:1, lo que representa una gran ventaja en lo que se refiere a los costos de producción.

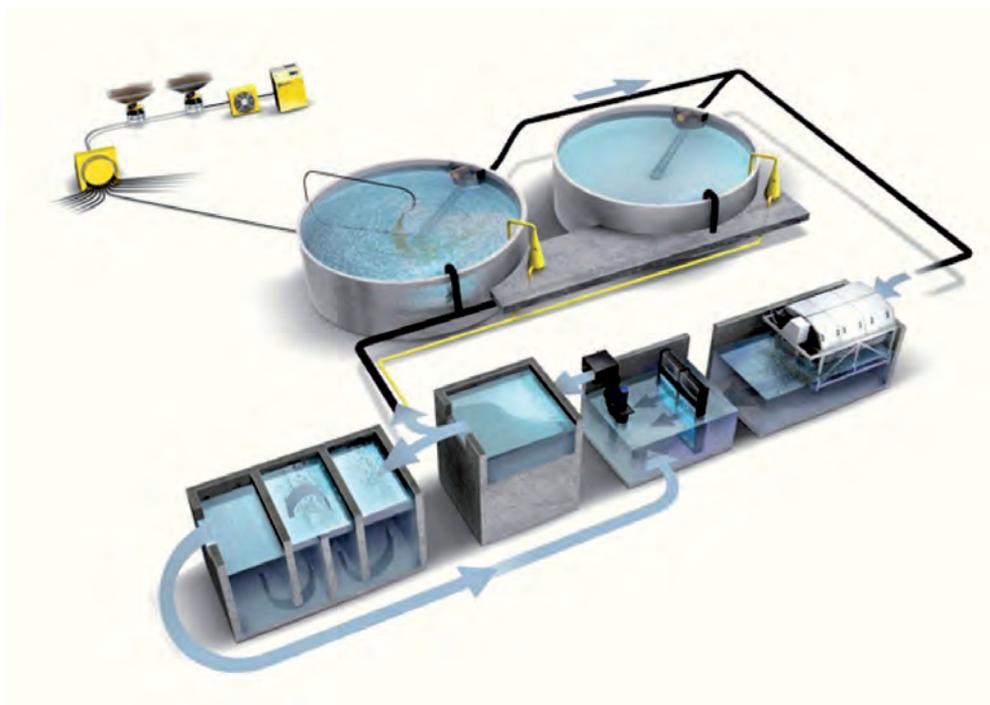


Figura 5.- Ilustración que muestra los conceptos principales del flujo del agua en un sistema de recirculación de AKVA group.

Esta tecnología ya ha sido probada en el cultivo de diferentes especies marinas como Abulón, Anguila, Halibut, Atún, Salmón, entre otros; existiendo un proveedor acreditado que ofrece una solución integral y probada, sin necesidad de armar el proyecto con diferentes proveedores, cuyas tecnologías pudieran o no estar totalmente integradas, además de un seguimiento en la puesta en marcha y posterior etapa de producción.

Discusión

La acuicultura de peces marinos destaca entre los negocios relacionados con la producción de especies acuícola, principalmente por dos razones:

- Es un producto de alto valor. Aunque la acuicultura de peces marinos solo contribuye al 3% del volumen total, captura el 8% del valor
- La acuicultura de peces marinos ha crecido a una tasa ligeramente mayor a la de agua dulce (8,4% vs. 7,9% anual de 1997-2007). Excluyendo a los peces diádomos

(Salmón principalmente) el crecimiento de la acuicultura marina es de 11% anual

La factibilidad para desarrollar el cultivo de Jurel, y la posterior implementación a escala productiva, se basa en aspectos biológicos y técnicos que hacen a esta especie atractiva para la acuicultura nacional. Entre estos aspectos destacan que las especie *Seriola lalandi*, es un pez que habita comúnmente las aguas del litoral del pacifico norte, nativo del Golfo de California.

Por otro lado, el desarrollo del cultivo de *Seriola lalandi* sería innovador para México, ya que en el caso del Atún actualmente se capturan juveniles desde el medio natural en épocas específicas del año, y se constituiría en un nuevo recurso para la acuicultura. En el corto plazo es deseable llevar a cabo las acciones necesarias para poder engordar peces en granjas marinas y/o terrestres y fomentar la constitución de empresas que permitan difundir esta innovación y capturar la oportunidad de mercado detectada en los Estados Unidos, al igual que la posibilidad de exportación al Asia, Europa y, por qué no, el gran mercado interno que posee México.

El desarrollo y aprovechamiento de las múltiples ventajas naturales que posee México, requiere de inversiones estratégicas que permitan detonar nuevos sectores emergentes a nivel internacional. Por lo anterior, el Noroeste de México está posicionado para convertirse en proveedor por excelencia del valioso mercado de pescado Premium de Estados Unidos.

Sin duda existe una oportunidad de desarrollo agroindustrial exitoso, basado en la producción de peces marinos. La maricultura, o acuicultura de agua salada, es una actividad que se ha desarrollado producto del agotamiento de las pesquerías tradicionales, siendo la única alternativa futura de abasto a la creciente demanda de proteínas marinas, producto de los cambios en los hábitos alimenticios y el incremento de la población mundial.

El establecimiento de un Laboratorio productor de peces marinos es una iniciativa vital, sin la cual México no podrá realmente aprovechar la oportunidad histórica de convertirse en un nuevo polo de la acuicultura mundial, a través del abasto continuo, seguro y certificado de juveniles, semillas de la industria de engorda, que podrán colocar su producción en uno de los mayores mercados del mundo, situado idealmente en la frontera de la república, ventaja contra la cual ningún potencial contendiente puede competir, que cobra mayor importancia en el escenario actual de medición de la huella de carbono.

Bibliografía

- Lumen. *Cultivo de peces marinos (Premium) en Sonora*. Fundación Sonora. 2009.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos. *Carta Nacional Pesquera* (2006). México. 2006.
- Soto L., Marinone S.G. y Parés-Sierra A. Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. Departamento de Oceanografía Física. CICESE. *Ciencias Marinas* (1999), 25(1): 1–30.
- Thunderbird Learning Consulting Network (TLCN). Fundación Sonora - *Aquaculture “go to market” strategy*. Thunderbird School of Global Management. 2009.
- Villalba, Armando. *Formulación y gestión de un proyecto de maricultura oceánica en la región centro del Estado de Sonora. Estrategia Pesquera*. Fundación Produce. 2010.

Aplicaciones de la tecnología del ADN en la pesca y la acuicultura

Rey Méndez M.

Grupo de Sistemática Molecular (Unidad Asociada al CSIC)

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular

CIBUS-Facultad de Biología

Universidad de Santiago de Compostela. Galicia.

E-mail: manuel.rey.mendez@usc.es

Introducción

La molécula de ADN guarda la información que necesitamos para resolver muchos de los problemas que se nos plantean en la pesca y la acuicultura. Esta información tiene tres niveles de organización: a nivel de especies, de poblaciones y de individuos. Aunque las metodologías a utilizar son muy similares para buscar soluciones a los problemas que intentamos resolver, es necesario buscar la información en diferentes zonas del ADN con el fin de dar respuestas correctas a las preguntas planteadas. Así, los tres niveles de organización antes indicados pueden resolverse teniendo como diana secuencias del ADN conservadas (para diferenciar especies, por ejemplo), o muy poco conservadas (para diferenciar individuos de la misma especie).

Gran parte de las secuencias analizadas en nuestro laboratorio, se corresponden con las contenidas en el ADN mitocondrial, aunque se utilizan también microsátélites y genes nucleares. El genoma mitocondrial es una herramienta de uso habitual debido a su elevada tasa de mutación, su transmisión generalmente por vía maternal, el orden de genes conservado dentro de taxa cercanos filogenéticamente y la existencia de cebadores útiles para su uso en la amplificación del ADN de un amplio espectro de especies. El rango de especies estudiadas se centra mayoritariamente en el ámbito marino debido a la repercusión social, industrial y ecológica de dichas especies en nuestra comunidad (Galicia), con una gran tradición pesquera. Sin embargo, la globalización del sector pesquero implica abarcar la distribución completa de los taxa en estudio, repartidos frecuentemente por todos los océanos, lo que nos permite,

además de resolver los problemas de identificación, mediante la búsqueda de secuencias diagnósticas, la utilización de datos acumulados para realizar otro tipo de estudios de gran interés evolutivo y ecológico.

Metodología

La metodología a utilizar es muy variada y, en nuestro caso, además de realizar análisis que conllevan el uso de infraestructuras pesadas y de difícil disponibilidad para muchos laboratorios, como la secuenciación, llevamos a cabo la puesta a punto de metodologías más asequibles, que permitan, además de su utilización en laboratorios no especializados, la posibilidad de realizar algunas de las determinaciones (identificación de especies, por ejemplo) en condiciones de campo o cuando es necesaria una identificación rápida e *in situ* como es el caso de inspecciones alimentarias.

Muestras: la conservación de las muestras susceptibles de análisis de ADN no es excesivamente compleja, un pequeño fragmento (<0,5 g) de tejido y su congelación hasta el análisis, o bien su preservación en etanol o tampones adecuados, a temperatura ambiente, es suficiente para que no se observe una degradación limitante del ADN. Un caso extremo de muestras, especialmente degradadas, son las procedentes de conservas, analizadas rutinariamente en nuestro laboratorio, constituidas por muestras de tejidos esterilizados en autoclave que, sin embargo, son susceptibles de ser analizadas. Alternativamente, es posible el análisis no invasivo, manteniéndose viables los ejemplares analizados, mediante el uso de fluidos corporales, fragmentos de piel o aletas, pelo, y otros restos como excrementos.

Aislamiento de ADN: El protocolo, inicialmente utilizado, se basa en la extracción de ADN con solventes orgánicos (Sambrook *et al.*, 1989). Al homogeneizado se le añade un volumen de una mezcla de fenol, iso-cloroformo y alcohol. Mediante centrifugación, son separadas una fase acuosa, conteniendo los ácidos nucleicos y una fase orgánica con el resto de componentes celulares. Los ácidos nucleicos, contenidos en la fase acuosa, son precipitados con etanol y resuspendidos en agua o TE (Tris-EDTA) y mantenidos a 4°C o -20°C hasta su uso. Una modificación llevada a cabo en nuestro laboratorio, para el análisis de ADN altamente degradado, se basa en la recuperación de los ácidos nucleicos de la fase acuosa mediante ultrafiltración a través de membrana (Microcon-100, -50 ó -30, Amicon, Millipore) (Quinteiro *et al.*, 1998). Este protocolo permite, además de una mayor recuperación de fragmentos largos de ADN (>500pb), una concentración del ADN, la eliminación de pequeños fragmentos (<100pb) los cuales frecuentemente interfieren en la PCR, así como la posibilidad de eliminación de otros inhibidores.

En la actualidad, la eficacia y comodidad de diversos kits comerciales ha sustituido, en su uso rutinario, a los protocolos artesanales. Los kits comúnmente utilizados están diseñados

para aplicaciones concretas tales como la extracción a partir de diversos tejidos animales (Dneasy Tissue kit, Qiagen), fluidos (QIAamp DNA kit, Qiagen), muestras de tipo forense (E.Z.N.A. Forensic DNA kit, Omega Biotech), tejidos de moluscos (E.Z.N.A. Mollusc DNA kit, Omega Biotech), o especialmente diseñados para el análisis de muestras de alimentos (Nucleospin Food, Macherey-Nagel). La cantidad del ADN extraído puede ser estimada por la lectura de la densidad óptica a 260 nm. Su pureza viene confirmada por una relación $DO_{260}/DO_{280} > 1,8$, mientras que su integridad puede observarse por electroforesis en geles de agarosa (1%) en TAE o TBE, con tinción de bromuro de etidio y observación en transiluminador ultravioleta.

PCR (reacción en cadena de la polimerasa): La PCR (Saiki *et al.*, 1988) es la reacción a la cual es sometido, generalmente, el ADN aislado. Esta reacción, de amplificación exponencial del número de moléculas conteniendo las secuencias específicas, permite evitar, en la mayoría de los casos, las laboriosas metodologías de clonación. Existe un gran número de polimerasas termoestables disponibles comercialmente y la selección de una enzima determinada se realiza en función de la especificidad requerida, tamaño a amplificar y cantidad de producto de PCR necesario. Los componentes de la PCR, en general son suministrados conjuntamente con la enzima, incluyéndose además del tampón, una solución de Cl_2Mg y los 4 dNTPs. Se añaden a la reacción el juego de cebadores “forward” y “reverse” y el ADN patrón. Las variables que afectan de forma crítica a la especificidad y concentración del producto de PCR son la concentración de Cl_2Mg , el cual generalmente se ajusta entre 1,5 y 3,5 mM y la cantidad de ADN patrón. Para cada amplificación es necesario titular ambas concentraciones, seleccionándose aquella en la que el producto de PCR presenta mayor especificidad y rendimiento. Otro factor crítico para el éxito de una PCR es el correcto funcionamiento de los cebadores (“primers”) ya que, independientemente de las condiciones iónicas de la reacción, su buen funcionamiento depende de la presencia en el ADN molde de una secuencia homóloga, la selección adecuada de temperatura de fusión (“annealing temperature”) y de su correcto diseño. La temperatura de fusión debe situarse entre los 55°C y 60°C, siendo necesario para ello ajustar la frecuencia de CG y AT en su secuencia. El par de cebadores no debe presentar posibilidades de unión tanto intramoleculares como entre ambas moléculas, originando en el caso contrario artefactos como los dímeros. Actualmente disponemos de numerosas herramientas informáticas que permiten un apropiado diseño de los cebadores, por ejemplo el software Primer Express (Applied Biosystems), aunque su correcto diseño debe ser siempre verificado empíricamente. El perfil térmico de la PCR es definido por el usuario, teniendo en cuenta básicamente la Taq polimerasa utilizada, la temperatura de fusión de los cebadores, la longitud del producto de PCR, y la concentración de secuencias patrón. En general, un perfil térmico de una PCR consta de: i) un paso inicial de desnaturalización a 94°C, de 1-3 minutos en el cual las hebras del ADN patrón se separan y, en el caso concreto de la enzima Amplitaq Gold, se lleva a cabo su activación durante 10 min; ii) la repetición durante 30-40 ciclos de los siguientes pasos: a) desnaturalización a 94°C durante 15 segundos a 1 minuto del ADN patrón y los productos de PCR que se van generando, b) unión de los

cebadores a la temperatura de fusión, entre 50°C y 60°C durante 15 segundos a 1 minuto y, c) extensión de los cebadores a 72°C durante 15 segundos a 3 minutos; iii) de forma opcional, puede realizarse una extensión final, para completar los productos de PCR que hayan quedado inacabados, a 72°C durante 5 a 10 minutos. Generalmente, la comprobación de la eficacia de la PCR se lleva a cabo mediante electroforesis de una alícuota de la reacción en geles de agarosa del 1,5 al 3%. Sin embargo, para algunas aplicaciones, la detección de los productos de PCR puede ser llevada a cabo mediante PCR en tiempo real.

PCR en tiempo real: se basa en la detección de la fluorescencia generada en el interior del tubo donde se lleva a cabo la reacción, estando directamente correlacionada con la aparición del producto de PCR. Disponemos para el uso de esta técnica de un sistema GeneAmp 5700 Sequence Detection System (Applied Biosystem) y de las químicas SYBRGreen y TaqMan. La técnica mediante SYBRGreen consiste en la detección de un producto de PCR por la fluorescencia emitida tras la unión a ese producto, de doble cadena, de la molécula SYBRGreen. Esta técnica es sencilla y barata no requiriendo ninguna modificación respecto a la clásica reacción de PCR, a excepción de la incorporación de la molécula SYBRGreen. La técnica basada en sondas TaqMan es más depurada, requiriendo de una mayor inversión y diseño. Esta técnica se basa en la síntesis de una sonda de 15-30 pb, situada entre los cebadores que contiene en uno de sus extremos un fluorocromo “reporter” mientras que en el otro se sitúa un “quencher” que aplaca la emisión de fluorescencia del fluorocromo al estar unidos ambos a la sonda. Durante la PCR los cebadores “forward” y “reverse” se sitúan flanqueando el producto de PCR, con la sonda unida en la parte central a la misma hebra que el cebador “forward”. Cuando comienza la elongación a partir del cebador “forward” y aprovechando la actividad 5'-nucleasa de la enzima AmpliTaq Polimerasa, la sonda es degradada liberándose el fluorocromo y el “quencher”, produciéndose así la emisión de fluorescencia, la cual se correlaciona también con la generación del producto de PCR. Los nuevos equipos para la realización de esta técnica permiten, además de disponer de una mayor sensibilidad, la posibilidad de trabajar con diversos fluorocromos en la misma PCR, lo que posibilita la detección simultánea de varios productos de PCR en el mismo tubo (PCR multiplex). La aplicación básica de esta técnica, además de la detección cualitativa de un producto de PCR, es la PCR cuantitativa.

PCR cuantitativa: frente al análisis cualitativo, un segundo grupo de análisis incluye la cuantificación del tejido utilizado en la elaboración de un determinado alimento procesado. Aunque no existe en la actualidad una normativa sobre los niveles de tolerancia en el error, entre los valores de peso o volumen del tejido utilizado como materia prima y el indicado por el etiquetado, es probable su futura regulación. Independientemente de la normativa, es de interés conocer el grado de exactitud en los valores indicados en las etiquetas. Los productos susceptibles de estos análisis son aquellos que contienen porcentajes de tejidos homogeneizados de especies apreciadas, siendo representativos los alimentos infantiles y los patés. Estos productos constituyen uno de los análisis de mayor dificultad, debido al elevado grado

de homogeneización con otros tejidos de diversa naturaleza (vegetales, especies relacionadas de pescado, carne, harinas, etc.) y al elevado grado de degradación observado en el ADN extraído debido a los procesos de esterilización al que son sometidos estos productos.

Para la especie a cuantificar se diseña un sistema de detección compuesto por un par de cebadores y una sonda central TaqMan. El diseño se basa en el conocimiento previo de secuencias específicas de la especie a cuantificar y se lleva a cabo mediante la ayuda de herramientas informáticas como el software Primer Express (Applied Biosystem). Por ello, esta metodología se sustenta en los trabajos de caracterización genética previos y centrados en estudios filogenéticos, poblacionales o de identificación de especies.

```

GCTCCAGTAG CTTAGTCTAA AGCATCGGT TTGTAATCCG AAGATCGGAG      50
CGAGGTCATC GAATCAGATT TCGTAGCCAA AACATTAGGC TTCTAGCCTC

ATTGAAACCT CCCTGGGGCC CAAAAAGAA AGATTTTAAC TTCCATCTCT      100
TAACTTTGGA GGGACCCCGG GTTTTTTCTT TCTAAAATTG AAGGTAGAGA
    
```

Figura 1.- Diseño de un sistema de cuantificación basado en una secuencia mitocondrial de la sardina, *Sardina pilchardus*. En color azul se señalan las secuencias de los cebadores “forward” y “reverse”, mientras que en color verde se señala la localización de la sonda TaqMan.

La realización de la cuantificación, basada en la lectura de fluorescencia en las etapas iniciales de la amplificación exponencial de la PCR, se realiza en un GenAmp 5700 Sequence Detection System (Applied Biosystems) y usando los componentes suministrados por TaqMan Universal PCR Master Mix (Applied Biosystems), además de los primers y sondas sintetizados.

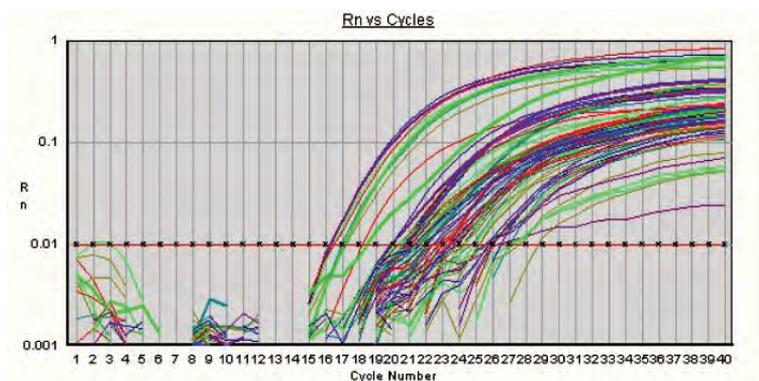


Figura 2.- Perfil de amplificaciones obtenidas basadas en un sistema diseñado para la cuantificación de la merluza europea, *Merluccius merluccius*. En las abscisas se sitúan el número de ciclos mientras que en la escala logarítmica de las ordenadas se indica la lectura de fluorescencia. La lectura de la señal se realiza en la línea situada a una señal fluorescente $R_n=0,01$.

La cuantificación del ADN de una especie en una muestra problema, y por lo tanto la cantidad de tejido contenido en la muestra, requiere de la previa elaboración de una curva estándar de muestras seriadas de ADN obtenidas a partir de cantidades conocidas de tejido. Los sistemas de cuantificación deben ser lo suficientemente específicos para que la amplificación no se vea interferida por la presencia de ADN de especies afines o no relacionadas.

En nuestro laboratorio, los productos de PCR suelen ser sometidos, a continuación, a alguna de estas tres técnicas: PCR-RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism), PCR-SSCP (Single Strand Conformation Polymorphism) o, más frecuentemente, a secuenciación.

PCR-RFLP: esta técnica permite la discriminación de productos de PCR basándose en los polimorfismos de la longitud de los fragmentos originados tras la incubación con enzimas de restricción. En general, requiere de un previo conocimiento de la secuencia del producto de PCR para la selección de la enzima que posea una diana de restricción en el interior de su secuencia, y que dicha diana presente algún interés para el estudio a realizar. En nuestro caso, esta técnica es usada para describir marcadores específicos, es decir seleccionar enzimas que produzcan patrones de restricción característicos de una determinada especie. Constituye una alternativa sencilla y rápida a la secuenciación, describiendo polimorfismos diagnósticos de especies, para su aplicación rutinaria en tareas de identificación de especies, aunque presenta también desventajas respecto a ella. Su detección se lleva a cabo en geles de agarosa (3,5%) o PAGE (APBiotech).

PCR-SSCP: la generación de productos de PCR de cadena sencilla, por ejemplo mediante PCR asimétrica (con un primer en concentración mayoritaria), permite identificar polimorfismos subyacentes en la secuencia debido a la generación de distintas conformaciones o estructuras secundarias detectables por electroforesis en geles prefabricados de PAGE (APBiotech). Esta metodología permite también disponer de una manera rápida y sencilla de marcadores específicos. Sin embargo, en ella son críticas la resolución electroforética y la manipulación en el laboratorio. El desarrollo de esta técnica para la aplicación a la identificación de especies, originó un estudio paralelo relacionado con las diversas alternativas en la generación de cadena los productos de PCR de cadena sencilla (Rehbein *et al.*, 1998).

Secuenciación: en los últimos años los avances, en general en biología molecular y en concreto en genómica, han estado motivados por el desarrollo experimentado en las metodologías de secuenciación del ADN y en los avances en la tecnología que las soporta. El hecho fundamental lo constituye la transición desde las secuenciaciones de tipo manual, basadas generalmente en la utilización de isótopos radioactivos (P^{32} , S^{35}) y la detección de las bandas en autorradiografías del gel, hasta las secuenciaciones automáticas, en las cuales la detección de las bandas está basada en la emisión de fluorescencia. A lo largo de esta transición son muchas las metodologías intermedias. En general, las secuencias obtenidas provienen o de insertos de plásmidos, previa clonación, o como suele ser en nuestro caso, a partir de productos de PCR.

En la secuenciación automática, o más apropiadamente fluorescente, los productos de la elongación del cebador de secuenciación son separados en gel de acrilamida/bis-acrilamida (secuenciador de gel) o mediante polímeros contenidos dentro de capilares (secuenciador capilar). La lectura de las secuencias se produce tras la recogida de la emisión de fluorescencia de los cuatro fluorocromos usados, por una cámara y su posterior procesado por el ordenador. Las calles visualizadas en la imagen reconstruida del gel son analizadas por separado mediante algoritmos que reducen la posibilidad de error, ajustándose a las características particulares de cada electroforesis. Tras este proceso se obtienen el electroferograma de cada muestra y la estimación de la secuencia correspondiente, la cual es revisada posteriormente de forma manual.

Análisis de secuencias: las secuencias obtenidas constituyen los juegos de datos requeridos para el estudio de las diversas cuestiones, siendo, en general, procesadas de forma similar independientemente de la cuestión planteada, siguiendo las diversas metodologías disponibles (Hillis *et al.*, 1996). Una de las primeras pruebas a que se suele someter la secuencia, es la verificación de su naturaleza. Para ello se procede a realizar un análisis comparativo con secuencias depositadas en el GenBank, o con secuencias disponibles obtenidas previamente en el laboratorio. El primer paso en este proceso comparativo es el alineamiento de la secuencias, esto es, obtener la maximización de la homología. Cuando se dispone de varias secuencias alineadas, se obtiene un juego de datos constituido por filas, las secuencias, y por columnas, posiciones nucleotídicas homólogas. Los juegos de secuencias alineadas son sometidos a distintos análisis, encaminados a conocer la relación y el grado de parentesco entre ellas y, en consecuencia, entre los individuos o especies que las contienen, expresadas mediante la generación de un filograma (dendograma) o árbol filogenético. Para ello se dispone de diversos métodos, básicamente agrupados en las categorías de distancias (DIS), parsimonia (MP) y máxima verosimilitud (ML). Los métodos de distancias y máxima verosimilitud asumen un determinado modelo de evolución molecular, con distintos parámetros, en un intento de crear un modelo de sustitución nucleotídica lo más ajustado posible a la realidad. Los métodos de parsimonia buscan la soluciones más simplificadas, a la hora de explicar las relaciones filogenéticas, y que sean congruentes con los datos obtenidos. Estos métodos son desarrollados por una amplia variedad de software (PHYLIP, PAUP, MEGA,...), que permiten caracterizar los juegos de datos, estimar su señal filogenética, seleccionar el modelo de evolución más ajustado a los juegos de datos, reconstruir las relaciones entre las secuencias mediante la elaboración de un árbol filogenético, mediante algoritmos como por ejemplo neighbor-joining, y estimar la consistencia de las hipótesis. De forma similar existen metodologías específicas para la evaluación de la estructura poblacional, basadas en los análisis de AMOVA (Análisis de Varianza Molecular), estimando la proporción de variabilidad genética específica de cada grupo o población, y de los parámetros estimadores de flujo génico, análogos de *Fst* (Hillis *et al.*, 1996).

Resultados

En nuestro laboratorio se vienen aplicando las técnicas de biología molecular, especialmente la secuenciación del ADN, para solventar diferentes problemas relacionados con la pesca y la acuicultura, de los que pasaremos a dar algunos ejemplos, pero podemos señalar que las aplicaciones son muy variadas y de gran interés tanto en el aspecto propiamente aplicado como en su uso para generar nuevos conocimientos, entre ellas:

- Identificación y cuantificación de especies
- Estimación de tallas y origen geográfico de las capturas
- Biología de las especies
- Análisis del plancton
- Caracterización genética de especies cultivadas
- Filogenia molecular
- Conservación de la biodiversidad
- Diseño, seguimiento y gestión de Áreas Marinas Protegidas

Identificación y cuantificación de especies: la identificación específica de los productos pesqueros está regulada por el R.D. 331/1999 (normalización y tipificación de los productos de la pesca, frescos, refrigerados o cocidos), donde se establece la normativa básica referente a la clasificación y etiquetado de los productos pesqueros de acuerdo al reglamento (CE) 2406/96. La autenticación de los productos pesqueros en la Unión Europea está basada en tres premisas principales, tal como se indica en la Directiva 2000/13/EC del Parlamento Europeo:

1. Necesidad de informar y proteger al consumidor
2. Facilitar la elección al consumidor con el pleno conocimiento de los hechos
3. Prohibir el uso de información que pueda confundir al comprador o que atribuya propiedades medicinales a los alimentos

Además se especifica, en el artículo segundo, que el etiquetado no debe confundir al comprador en “las características del alimento y, en particular, su naturaleza, identidad, propiedades, composición, cantidad, durabilidad, origen o procedencia, método de manufactura o producción”. Toda esta reglamentación, además de la que implica a la seguridad alimentaria (principalmente en lo que concierne a virus, bacterias patógenas y parásitos), necesita de sistemas de control que, en muchos aspectos, va más retrasada que la propia legislación. En resumidas cuentas, se legisló sobre la necesidad de informar y proteger al consumidor, sin que existieran metodologías analíticas capaces de detectar los posibles engaños o fraudes. El desarrollo de esta metodología se ha visto facilitada, en los últimos años, por el uso de herramientas moleculares, especialmente el análisis de secuencias de ADN. Por otra parte, es

importante tener capacidad de resolución sin la necesidad de acudir a grandes infraestructuras de laboratorio, por lo que nuestro grupo desarrolla además nuevas metodologías que permitan la identificación de especies en condiciones de campo o en laboratorios muy básicos, tal como sucede en los que pueden disponer los inspectores veterinarios a pie de mercado, con el fin de hacer un diagnóstico rápido y fiable.

La identificación de especies no es posible por inspección visual cuando las características morfológicas necesarias para la autenticación (cabeza, aletas, piel o espinas) han sido eliminadas. En esos casos, la identificación se basa en el análisis de proteínas o ADN (Sotelo *et al.*, 1993). Las técnicas basadas en el ADN, tienen la ventaja de que no es necesario un estándar para cada tejido, ya que todas las células de un individuo tienen el mismo ADN (en el caso de las proteínas, cada tejido expresa las necesarias para su función y, además, las proteínas pueden cambiar dependiendo del estado de desarrollo del individuo). Por otra parte, si el producto a identificar ha estado sometido a condiciones severas de procesado, esterilización por ejemplo, las proteínas ya no podrán ser utilizadas debido a la degradación, que daría un perfil de bandas no reconocible.

Un gran número de especies marinas son destinadas al consumo, con diferentes calidades, demandas y preferencias por los consumidores. En productos comercializados en fresco o congelado, donde se aprecian las características morfológicas, es posible el diagnóstico de la especie. Sin embargo, en el caso de especímenes cuyas características son eliminadas, incluso a bordo, en productos elaborados, fileteados o en conserva, esto no es posible. Por eso, es necesario desarrollar herramientas de diagnóstico, con el fin de comprobar la veracidad del etiquetado o garantizar la corrección en las relaciones comerciales. La necesidad de estas herramientas adquiere una justificación especial ante la existencia del Real Decreto 331/1999, donde se establece la normativa de clasificación y etiquetado de los productos pesqueros. Los primeros estudios realizados (1994), se centraron en el desarrollo de metodologías para la identificación de especies de atunes utilizadas en la elaboración de conservas. Resultados previos habían concluido que el análisis de proteínas sarcoplásmicas permite identificar especies a partir de tejidos frescos o congelados (Sotelo *et al.*, 1993). Sin embargo, estas metodologías no eran aplicables a la identificación de muestras de tejidos musculares utilizados en la elaboración de conservas tras sufrir un fuerte proceso térmico tal como el autoclavado. El ADN, debido a su mayor resistencia a la desnaturalización durante los procesos térmicos, se convirtió en la alternativa a investigar. En las primeras fases del estudio se desarrollaron los protocolos de aislamiento del ADN, ya que cuando se obtiene a partir de muestras de tejido enlatadas, presenta un elevado nivel de degradación, con un tamaño medio de las moléculas inferior a 500pb. El aislamiento de estas moléculas se llevó a cabo mediante concentración por ultrafiltración y eliminación de fragmentos de tamaño inferior (<100pb) al fragmento amplificado. Los fragmentos amplificados se localizaron en el citocromo b, utilizando cebadores “universales” para especies de vertebrados (Kocher *et al.*, 1989) y que habían demostrado su utilidad en la identificación de especies de túnidos en fresco o congelado (Bartlett, Davidson,

1992).

Dos pequeños fragmentos amplificados dentro del gen mitocondrial de citocromo b, de 123 y 148 pb, permitieron evaluar la utilidad de la técnica de PCR-SSCP en varias especies de atunes. Los resultados indicaron que ambos juegos de cebadores (59-3/59-5 y FB349/FB496), producen patrones electroforéticos de ADN de cadena sencilla que permiten la identificación de muestras comerciales enlatadas de diversas especies de túnidos, aunque el número de especies fue reducido y ciertos patrones, tales como el producido por los cebadores 59-3/59-5 en el albacora, *Thunnus alalunga* y atún rojo, *Thunnus thynnus thynnus*, fueron idénticos (Rehbein *et al.*, 1995). Por otra parte, un estudio que incluye las seis especies comercialmente más representativas de túnidos, el fragmento, denominado B126, localizado en el gen del citocromo b y amplificado a partir del ADN degradado, permite el diagnóstico de dichas especies de túnidos tanto por medio de análisis de las secuencias, utilizando metodologías de filogenia molecular, como mediante el análisis de los patrones PCR-RFLP. En este trabajo (Quinteiro *et al.*, 1998), se discuten además diversas cuestiones como el aislamiento más adecuado del ADN degradado, el efecto de la degradación del ADN sobre la capacidad de amplificación dependiente de la longitud del fragmento amplificado, la utilidad de la medición de distancias genéticas para la aplicación a identificación de especies, y la incertidumbre originada por la variabilidad intraespecífica, fundamentalmente sobre los patrones de RFLP.

La variabilidad intraespecífica en los patrones electroforéticos de PCR-SSCP fue el sujeto de un estudio, en el cual el 90.3% de las muestras de diversas especies de túnidos enlatados fueron identificadas correctamente mediante esta técnica concreta, aunque fueron detectados patrones electroforéticos diferentes en el caso del atún listado, *Katsuwonus pelamis* y el bonito *Sarda sarda*. Por ello, esta variabilidad intraespecífica debe ser tenida en cuenta tanto en esta técnica como en la de PCR-RFLP. (Rehbein *et al.*, 1999). Los resultados acumulados en la investigación de metodologías de identificación de especies marinas enlatadas, así como las dificultades detectadas, fueron recogidas en una revisión (Mackie *et al.*, 1999), donde se hace una evaluación de las técnicas de PCR-RFLP y PCR-SSCP y de su aplicación, en el caso concreto de atunes en conserva, como técnicas útiles para el análisis de un amplio rango de productos en laboratorios de control alimentario. A partir de este momento la investigación se dirige hacia una generalización de estas metodologías y su aplicación a un amplio rango de especies y productos frescos, congelados, elaborados y procesados térmicamente. Un primer estudio, dentro de esas diversificación de especies y productos, debido a su elevado interés comercial, se centró en la identificación de caviar mediante el uso de PCR-SSCP del amplicón obtenido con los cebadores 59-3'/59-5', localizados en el citocromo b. Los resultados permitieron diferenciar los caviars beluga, osietra y sevruga, además de diversas especies de esturión (Rehbein *et al.*, 1999).

Numerosas especies de salmónidos son utilizadas en alimentación, siendo analizadas

un total de 10 mediante la técnica de PCR-RFLP de un fragmento de 438 pb del citocromo b. Todas las especies pertenecientes a los géneros *Salmo*, *Oncorhynchus* y *Salvelinus*, fueron diferenciadas mediante los patrones electroforéticos producidos por seis enzimas de restricción (Russell *et al.*, 2000). La efectividad de esta metodología fue investigada, observándose un 100% de aciertos en la identificación de muestras problema desconocidas y la presencia de algunas muestras comerciales identificadas como trucha, donde su etiquetado señalaba el contenido de salmón (Hold *et al.*, 2001).

En un estudio centrado en la identificación de 24 especies de peces planos (Pleuronectiformes), mediante el análisis de las distancias genéticas de las secuencias de un fragmento de 464 pb del gen del citocromo b y el análisis de los patrones de RFLP con tres enzimas de restricción, se observó que la identificación es posible para todas las especies, excepto los pares de *Limanda ferruginea/L. limanda* y *Solea impar/S. lascaris*. Además esta metodología fue evaluada positivamente en muestras comerciales (Sotelo *et al.*, 2001). Asimismo, las cuatro especies comercialmente representativas de anguilas (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata*, *A. japonica* y *A. australis*) son diferenciadas usando un fragmento de 464 pb y uno más corto de 123 pb, mediante metodologías de PCR-RFLP y PCR-SSCP, respectivamente, siendo llevado a cabo un estudio de efectividad de estas metodologías en muestras comerciales ahumadas (Rehbein *et al.*, 2002).

Las distintas especies de merluza constituyen un recurso pesquero de relevancia comercial. En especial, en el mercado europeo es muy apreciada la merluza europea, *Merluccius merluccius*, siendo susceptible de sustitución por otras 10 especies del género *Merluccius*, fundamentalmente en el caso de filetes, congelados o productos elaborados. El protocolo definido para la identificación de todas las especies del género se basó en los trabajos previos de filogenia molecular del mismo (Fig. 3). El fragmento amplificado mediante un juego de cebadores, MERFPD1 (diseñado específicamente para *Merluccius*) y GADRPD1 se localiza dentro de la secuencia de la región control del ADN mitocondrial. Mediante metodologías de análisis de distancias genéticas entre las secuencias y PCR-RFLP con cuatro enzimas de restricción, es posible discriminar la totalidad de las especies incluso en productos homogeneizados autoclavados y con mezcla de tejidos de diversas especies (Quinteiro *et al.*, 2001). El análisis en un amplio rango de especies de los patrones de restricción del mismo producto de PCR, permitió elaborar un protocolo común para la identificación de 36 especies pertenecientes a las familias Merlucciidae, Anguillidae, Clupeidae, Salmonidae, Soleidae, Pleuronectidae y Scophtalmidae. Este protocolo se basa en la utilización de siete enzimas siguiendo una clave de identificación basada en la presencia o ausencia de corte y en el patrón de restricción, originado en un fragmento del primer tercio del citocromo b. De un total de 120 pruebas de identificación de muestras problema desconocidas, incluyendo mezclas, en el 96% de los casos se obtuvieron resultados correctos (Hold *et al.*, 2001). También, se diseñó un sistema de identificación, mediante PCR a tiempo real, para la diferenciación de la merluza europea del resto de las especies comerciales (Sanchez *et al.*, 2009).

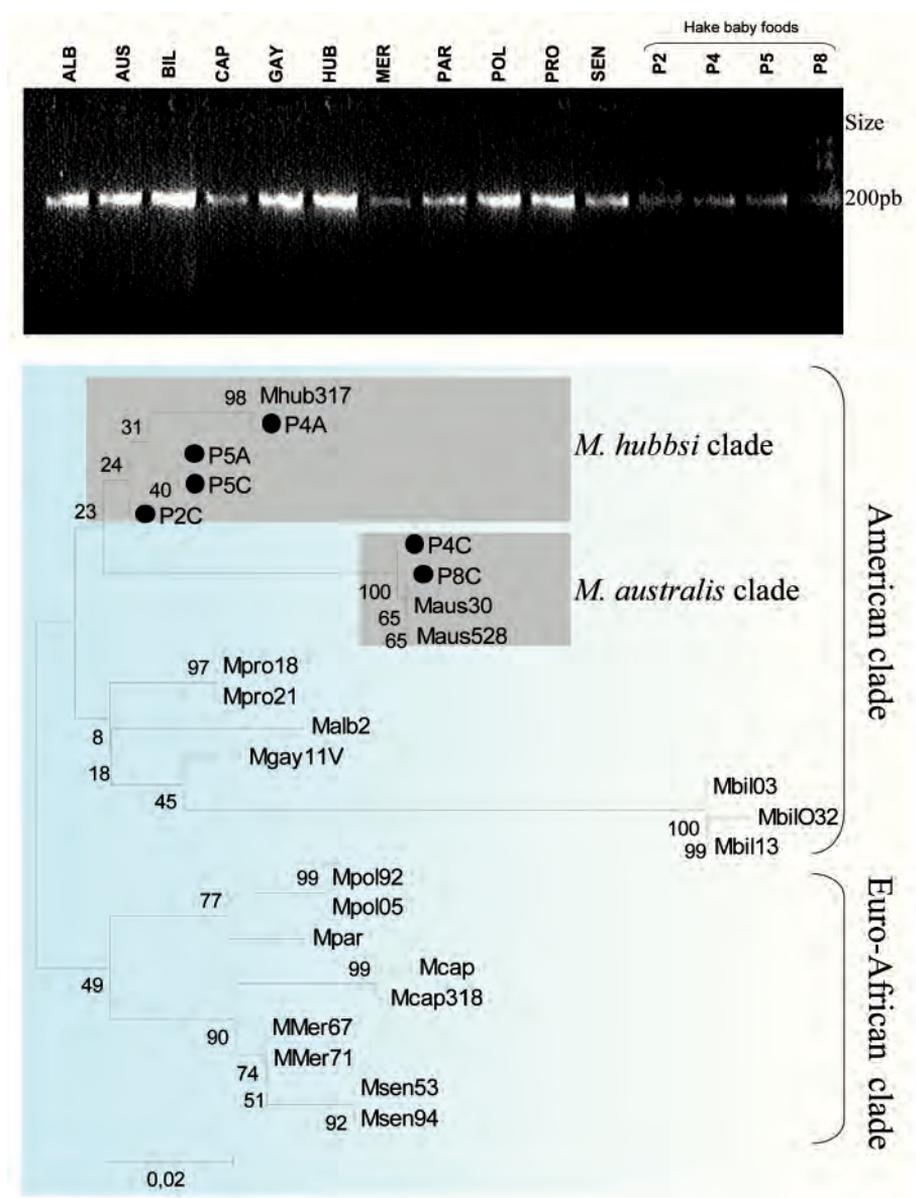


Figura 3.- Amplificaciones de todas las especies de merluzas, incluidos alimentos procesados (arriba) e identificación por FINS de especies problema (abajo).

De gran tradición local es el consumo de sardina enlatada. Este recurso pesquero está sometido a una fuerte explotación, siendo el centro de controversias sobre el nivel más adecuado de esfuerzo pesquero soportable. Ante la fuerte demanda comercial y la escasez del recurso pueden surgir situaciones conflictivas, siendo sustituida la especie local *Sardina*

pilchardus por clupeidos relacionados foráneos e importados. Por ello ha sido elaborada una metodología de identificación de dicha especie basada en la utilización de cebadores específicos en PCR en tiempo real utilizando sondas Taqman. Esta metodología permite la identificación de *S. pilchardus*, en cualquier estado de elaboración, mediante la detección de amplificación. Una ausencia de amplificación es indicativa de la ausencia de tejido de esta especie. De forma similar, existen posibilidades de sustitución de la anchoa europea, *Engraulis encrasicolus*, por otras especies foráneas del mismo género como *E. anchoita*, *E. ringens* o *E. nasus*. En este caso concreto, la sustitución es motivada por el inferior coste de la materia prima en el caso de las especies foráneas y por la disminución en el tiempo requerido para el anchoado por la anchoa argentina, *E. anchoita*, y el consiguiente inferior coste de producción. Las metodologías basadas en el uso de cebadores y sondas Taqman específicas, permiten la identificación de *E. engraulis*, en productos elaborados (anchoados y patés) mediante PCR en tiempo real.

En la actualidad, nuestras investigaciones se centran en la aplicación de la metodología basada en el diseño de cebadores y sondas Taqman, específicas para PCR en tiempo real, en diversas especies ya analizadas con las metodologías antes descritas. Además, se está evaluando la eficacia de estas metodologías, PCR cuantitativa en tiempo real, para la cuantificación de los tejidos pertenecientes a una especie determinada, en un alimento elaborado en el cual se indica su porcentaje.

Estimación de tallas y origen geográfico de las capturas: existe un problema con el estudio de la composición de tallas de la captura en pesquerías de gran altura. Las tallas y origen geográfico de las capturas, tal y como se encuentran mezcladas en la bodega del barco, o a partir de filetes y troncos, podría llegar a ser establecida en el punto de desembarco, sin depender de la fiabilidad estadística de los datos recopilados a bordo. El análisis de marcadores genéticos poblacionales y el estudio de expresiones génicas relacionados con la edad, podrían ayudar a disponer de una herramienta para esta cuestión. La puesta a punto de esta metodología, se entrecruza con dos áreas de investigación básicas tales como los estudios de crecimiento y de estructura de poblaciones, donde la utilización de herramientas moleculares, basadas en RT-PCR en tiempo real (retro-transcripción de RNA y su cuantificación por PCR cuantitativa en tiempo real) e identificación y secuenciación de marcadores genéticos poblacionales es de aplicación directa. Esta metodología, también sería un sistema muy eficaz de control de las pesquerías ilegales (por tamaño o zona).

Biología de las especies: otra área de investigación clásica como la maduración sexual y el estudio de los ciclos biológicos mediante el estudio macroscópico, no siempre fiable, y el microscópico a partir de preparaciones de cortes histológicos de la gónada, podría ser abordado mediante el estudio de la expresión de diversos genes o presencia de determinados productos génicos, directamente relacionados con los mecanismos de maduración sexual. Un ejemplo de esta utilidad, realizado en nuestro laboratorio, fue la determinación, mediante uso

de microsatélites, de la múltiple paternidad en el pulpo común (*Octopus vulgaris*), primera evidencia de este hecho en el superorden Octobranchia (Quinteiro *et al.*, 2011). Los machos de *Octopus vulgaris* se caracterizan por tener su tercer brazo derecho modificado, empleándolo para transferir el espermatozoides a las hembras. Los espermatóforos (paquetes de espermatozoides) pueden permanecer almacenados y viables en la hembra hasta diez meses. Como los dos sexos tienen múltiples compañeros de cópula, se consideraba que el último macho en aparearse eliminaba el espermatozoides del macho anterior para dejar su huella genética en la descendencia, utilizando el mismo brazo cuya punta terminada en forma de cuchara, parecía diseñada para este fin. El análisis de los genotipos de las hembras y de sus puestas dieron como resultado que en todos los casos al menos dos machos tuvieron éxito en la fertilización de los huevos (Fig. 4), con algún caso en donde la descendencia de una misma puesta procedía de seis machos. Esta evidencia de múltiple paternidad en el pulpo es de vital importancia y debe tenerse en cuenta en los estudios de genética poblacional y de conservación de esta especie, así como en el diseño y gestión de la acuicultura del pulpo común.

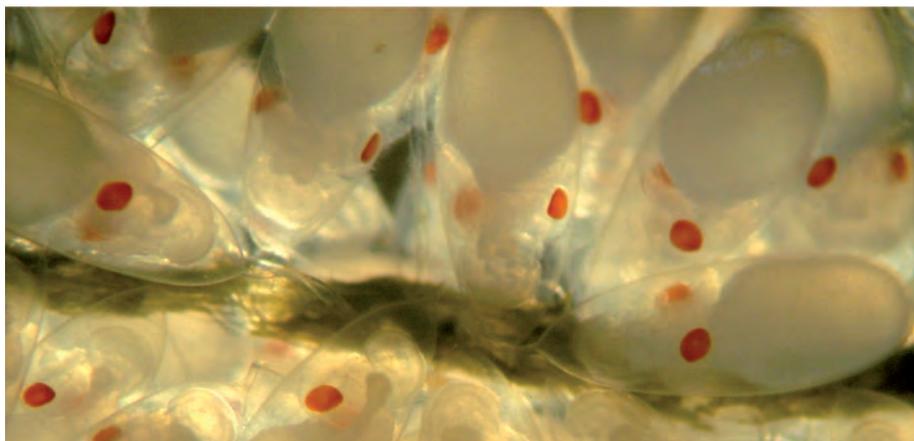


Figura 4.- Puesta de *Octopus vulgaris*.

Análisis del plancton: la abundancia, identificación de especies y cuantificación de éstas en muestras de ictioplancton, es una metodología de evaluación de los recursos, a la cual pueden ser aplicadas directamente técnicas moleculares, como por ejemplo PCR cuantitativa, utilizada rutinariamente en nuestro laboratorio. De forma similar el fitoplancton nocivo puede ser identificado de forma precisa y su proliferación monitorizada mediante el uso de metodologías similares. Actualmente estamos trabajando en un proyecto denominado “Identificarvas: Implementación de sistemas de PCR a tiempo real para la detección, identificación y cuantificación de larvas de bivalvos en muestras de plancton”. En él, se diseñaron sistemas de detección y cuantificación de larvas de 4 especies de almejas, 2 especies de mejillones y 2 especies de ostras, a partir de secuencias del gen 16S (ostras y almejas) y de un intrón del gen nuclear que codifica para la proteína adhesiva (mejillón). El sistema diferencia todas las

especies y las cuantifica, a partir de muestras de plancton. La caracterización genética en el plancton, de las larvas de especies de interés comercial, puede considerarse como el primer paso en un sistema de trazabilidad dentro del sector alimentario. Permite la monitorización a escala geográfica y temporal del ciclo reproductivo de las poblaciones naturales de esas especies.

Otros trabajos en esta temática están relacionados con la identificación larvaria de peces del Parque Nacional Mochima (Venezuela). Se obtuvieron un total de 118 secuencias mayores de 500pb, del material larvario recogido, correspondientes a 54 especies. El resto de las secuencias permiten identificar las categorías de género y familia. Una sola de ellas no muestra identidad con ninguna de las secuencias publicadas en las bases de datos de Gene-Bank o de Barcode of Life. Varias de las especies registradas constituyen nuevos aportes para la descripción de estadios larvarios no conocidos, por ejemplo: *Laegocephalus laevigatus*, llamada localmente “futre”, una especie de interés comercial en la zona; igualmente se hace una contribución importante en la familia Gerreidae (mojarras), un grupo con mediano interés pesquero en el área, pobremente conocido en sus primeras fases de vida, presentando larvas de las especies: *Gerres cinereus*, *Eucinostomus gula* y *Eucinostomus argenteus* (Fig. 5).

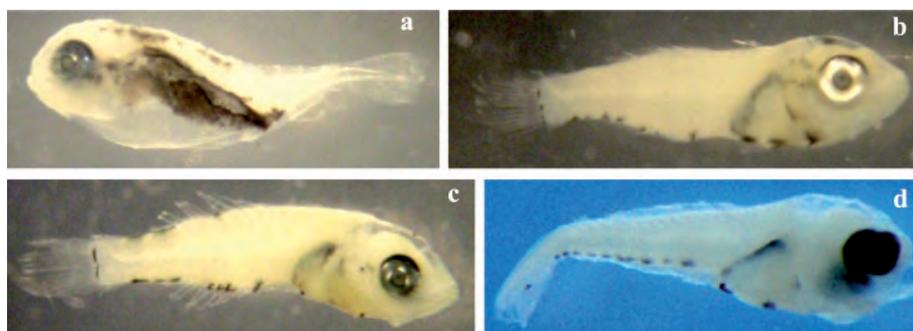


Figura 5.- Larvas de *Laegocephalus laevigatus* (2,43 mm) (a), *Gerres cinereus* (5,25 mm) (b), *Eucinostomus gula* (5,10 mm) (c) y *Eucinostomus argenteus* (2,2 mm) (d).

Caracterización genética de especies cultivadas: la aplicación de metodologías moleculares a las especies cultivadas se centra en la definición de los genotipos “silvestre” y “cultivado”, para disponer de una herramienta útil en la detección de individuos liberados al medio salvaje, en cualquier fase de desarrollo. Esta caracterización es útil en para la gestión de un cultivo, permitiendo una estimación de la diversidad genética por ejemplo en los reproductores. De forma similar, es importante la caracterización cromosómica de los individuos poliploides debido a las ventajas que presentan para el acuicultor, como en el caso de los triploides estériles de rodaballo. Además, el proceso de crecimiento y definición precisa del estadio del ciclo biológico, puede ser monitorizado mediante el análisis de la expresión génica. Por otra parte, la detección de patógenos por métodos moleculares, especialmente en

especies cultivadas, es una herramienta de gran utilidad para atajar y combatir enfermedades que pueden tener resultados devastadores.

Dentro de estos aspectos, hemos realizado el estudio del grado de parentesco en una nueva especie de cultivo, el besugo (*Pagellus bogaraveo*), con el fin de establecer un stock de progenitores que no tengan problemas de consanguinidad (Fig. 6), lo que se realizó mediante el análisis de secuencias microsatélites (Quinteiro *et al.*, 2003). También la detección del patógeno *Enteromyxum scophthalmi* que causa importantes problemas en el cultivo de rodaballo (*Scophthalmus maximus*), que se consiguió mediante un sistema específico de PCR en tiempo real, posibilitando la detección en estadios tempranos del rodaballo lo que permite eliminarlos y esterilizar las instalaciones, antes de que se convierta en un gran problema económico cuando los rodaballos son adultos por la masiva mortalidad que se produciría. Otro aspecto relacionado es la identificación y análisis filogenético de copépodos parásitos, por ejemplo del género *Clavella*, que causan graves problemas en los cultivos de salmón en Chile, caracterizándose morfológica y genéticamente mediante la secuenciación del gen COI mitocondrial (Burgos, 2004).

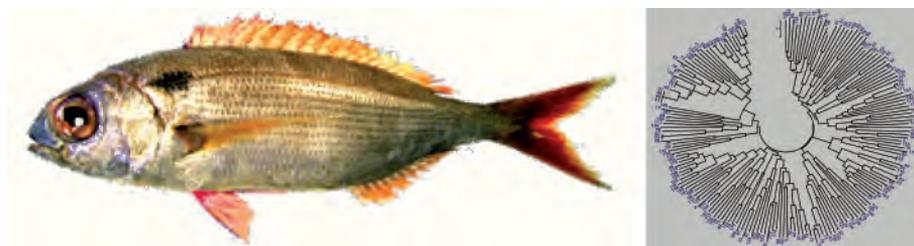


Figura 6.- *Pagellus bogaraveo* y análisis de parentesco.

Filogenia Molecular: las relaciones filogenéticas dentro y entre varios grupos taxonómicos, sobre los que hemos trabajado, se han estudiado mediante el análisis comparativo de secuencias de ADN y siguiendo las metodologías de reconstrucción filogenética. Los escómbridos (atunes, bonitos, caballas y carites), constituyen un grupo monofilético de especies pelágicas distribuidas globalmente. Su clasificación, basada en caracteres morfológicos, ha demostrado ser congruente, en general, con la relaciones filogenéticas observadas tras el análisis de las secuencias de la región control mitocondrial (Quinteiro *et al.*, 1997; Quinteiro, 2011). De forma similar, las relaciones filogenéticas entre las especies de peces planos distribuidas por todos los océanos, y agrupadas dentro del orden Pleuronectiforme, han sido estudiadas mediante el análisis de secuencias mitocondriales pertenecientes al gen del citocromo b y de la región control (Izquierdo *et al.*, 2002). La monofilia de este vasto grupo de especies y las relaciones interfamiliares, intrafamiliares e intragenéricas, están actualmente siendo analizadas.

Por otra parte, las especies del género *Merluccius* constituyen un grupo monofilético

y divergente dentro de la familia Gadidae, siendo diagnosticables dos grupos divergentes: uno de especies euroafricanas y otro de especies americanas (Fig. 3). Estos resultados y los relacionados con la historia evolutiva que sitúa el origen de estas especies en el Norte del Atlántico, han sido obtenidos a partir del análisis de la secuencia parcial de la región control mitocondrial (Quinteiro *et al.*, 1997; Quinteiro *et al.*, 2000).

Las relaciones filogenéticas entre otras especies marinas, como moluscos bivalvos frecuentes en nuestras costas (Quinteiro *et al.*, 2001) y moluscos ancestrales de las costas americanas pertenecientes a diversas especies del género *Fissurella* (Olivares-Paz, 2006), han sido estimadas usando secuencias mitocondriales ribosomales (16SrRNA) y del citocromo b, respectivamente.

Conservación de la biodiversidad: la identificación y valoración de los recursos marinos a proteger es un área de investigación donde las metodologías moleculares deben ser aplicadas. Estas técnicas permiten la precisa caracterización de una especie y población, su grado de aislamiento, sus valores de variabilidad genética y otros datos, los cuales son determinantes para la adopción de medidas de conservación.

Aunque la mayoría de las especies pelágicas de grandes migradores, como los túnidos y especies relacionadas, presentan un elevado flujo génico dentro del mismo océano e incluso entre distintos océanos (Quinteiro, 2011), algunas especies, como por ejemplo el atún patudo (*Thunnus obesus*), presentan escaso flujo génico. En contraste, en escómbridos primitivos y de reducido tamaño como la caballa, *Scomber japonicus*, se presenta un claro aislamiento entre poblaciones de distintos océanos y dentro del mismo océano (Quinteiro *et al.*, 1997).

Otras especies como la merluza europea y la chilena no muestran un claro patrón de aislamiento génico entre Atlántico y Mediterráneo, siendo éste más bien respecto a Atlántico Norte y Sur (Vidal, 1999). Tampoco ha sido detectada una estructura poblacional con poblaciones relativamente aisladas y con escasez de flujo génico en todo el área de distribución del percebe, *Pollicipes pollicipes*, basándose en el análisis de una secuencia no codificante e hipervariable en el ADN mitocondrial. La observada falta de diferenciación genética entre poblaciones sería debido al elevado flujo génico favorecido por el efecto homogenizador de las corrientes marinas durante la etapa larvaria. Sin embargo, en las muestras tomadas en Cabo Verde, se detectaron diferencias que indicaban que estos especímenes podrían ser considerados una nueva especie (Quinteiro *et al.*, 2007). El análisis comparativo tanto por métodos moleculares como clásicos de las tres especies de *Pollicipes* existentes, corroboró esta sospecha determinando la descripción de una nueva especie que denominamos *Pollicipes darwini* (Quinteiro *et al.*, 2011), en honor a Darwin que fue quien describió las especies del género *Pollicipes* (Fig. 7).

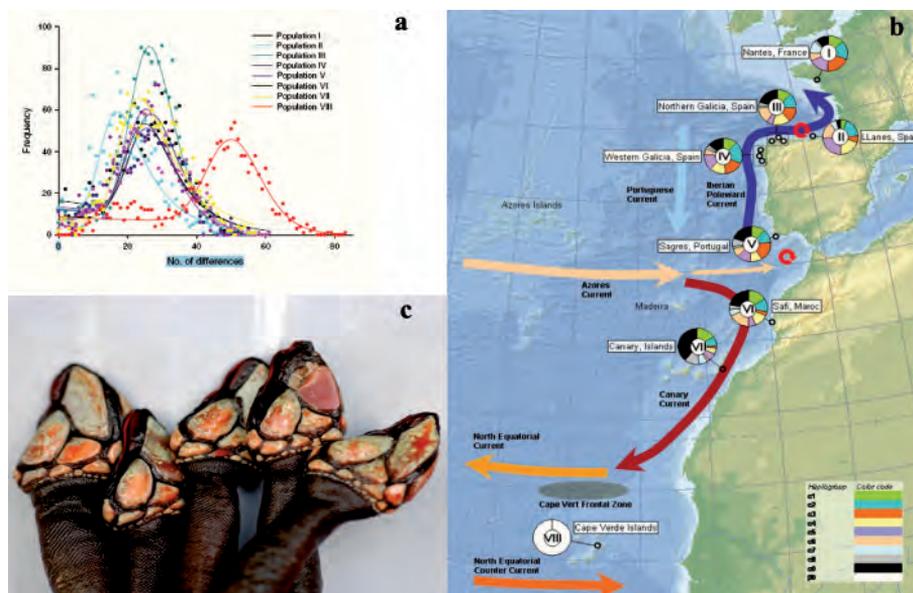


Figura 7.- Análisis de la estructura genético poblacional de *P. pollicipes* (a), zonas de muestreo (b) y ejemplares de *P. darwini* (c).

Diseño, seguimiento y gestión de Áreas Marinas Protegidas: las Áreas Marinas Protegidas (AMPs) nacieron con un objetivo claramente conservacionista por los beneficios ecológicos que proporcionan, como la mejora de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, y el aumento de la biodiversidad, pero en la actualidad tiene objetivos más amplios: la conservación de los ecosistemas, la explotación sostenible de los recursos, la investigación, el interés social, el fomento del turismo y las actividades de recreo.

Las técnicas de biología molecular, complementarias a las tradicionales (censos visuales y campañas de pesca experimental), o el marcaje (telemétrico y estándar), tienen una importante aplicación en el diseño, monitorización y gestión de las AMPs, ya que pone en servicio otras herramientas que pueden evaluar el efecto reserva, mediante la obtención de datos genéticos a través del censo genético (*DNA Barcoding*) y la implementación de estos resultados en sistemas de detección de presencia larvaria por PCR a tiempo real. Estas técnicas pueden suministrar información fundamental para el censo de los recursos, por su capacidad de identificación y cuantificación de los mismos en etapas larvarias y juveniles, no evaluables por los otros sistemas, permitiendo conocer su potencial para el reclutamiento y los procesos responsables de su conectividad con áreas adyacentes sometidas al esfuerzo pesquero. Por otra parte, aportan conocimientos sobre la dispersión de los huevos y larvas de las especies, a lo largo de la reserva y en zonas adyacentes, que serán necesarios para evaluar la capacidad de reabastecerse y de actuar como fuente de nuevos reclutas para zonas cercanas.

Una buena parte del éxito en el diseño y gestión de una reserva marina proviene del conocimiento de la conectividad de las poblaciones de las especies que la habitan, el grado de transporte larvario en el interior y hacia el exterior de la reserva, y conocer su dependencia y efecto sobre las áreas adyacentes no protegidas, permitiendo identificar las poblaciones que más contribuyen a las generaciones sucesivas y definir unidades de manejo dentro de la reserva. Para ello, es necesario conocer su papel en el reclutamiento, tanto a partir de recursos reproductivos internos como por los eventos de importación y exportación larvaria. Es fundamental definir, inicialmente, las poblaciones larvarias presentes en el interior de la reserva y en las zonas adyacentes, relacionándolas con los modelos oceanográficos del área. Así, pueden presentarse situaciones extremas, reservas cuyo reclutamiento dependa totalmente de la dispersión larvaria originada en otra área distante con o sin protección o, alternativamente, cuando la población de una reserva pueda sostenerse a sí misma con reclutamientos a partir de recursos propios. En cada caso la gestión es totalmente distinta. Los estudios de los modelos del movimiento larvario y de la escala espacial de la dispersión, son importantes para regular la dinámica de poblaciones de las comunidades marinas. Desafortunadamente, la escala y la previsibilidad de la dispersión larvaria y de su regulación por la circulación física siguen siendo desconocidas, en gran parte debido a la imposibilidad de medir la dispersión en ambientes marinos abiertos. El modelo de la circulación predice exactamente modelos generales del transporte larvario entre las regiones genéticas, la escala de la dispersión larvaria, y el aislamiento genético creado por las barreras físicas de la circulación. Se ha demostrado que los modelos físicos de la circulación y las medidas genéticas de transporte larvario, pueden acoplarse para evaluar la escala geográfica de la dispersión larvaria en ambientes marinos. Aunque haya necesidad de más medidas directas de la dispersión larvaria para una especie en particular, los análisis genéticos pueden proporcionar un punto de partida para entender la variación entre especies, en lo que se refiere a la distancia de dispersión larvaria media (Palumbi 2003).

Las reservas marinas se han propuesto como una alternativa a la gestión tradicional de las pesquerías, para preservar la biodiversidad y para aumentar las producciones de las industrias pesqueras (Botsford *et al.*, 2003). Para la sostenibilidad de la biodiversidad, es una prioridad diseñar las reservas de mayor tamaño que la distancia media de dispersión de las larvas de la propia reserva (Botsford *et al.*, 2001, 2003), mientras que para las pesquerías, la prioridad es diseñar las reservas pequeñas donde algunas larvas puedan dispersarse y abastecer las áreas explotadas. Para cualquiera de las prioridades, sería beneficioso tener una red de reservas interconectadas que tengan todos los tipos de especies (Allison *et al.*, 2003). Pero en los casos con distancias cortas de dispersión de las especies implicadas, las reservas marinas espaciadas serían poco recomendables ya que es poco probable que estén interconectadas por la dispersión larvaria y, por lo tanto, tendrían limitado el desbordamiento (spillover) a las áreas colindantes (Buonaccorsi 2004) (Fig. 8).

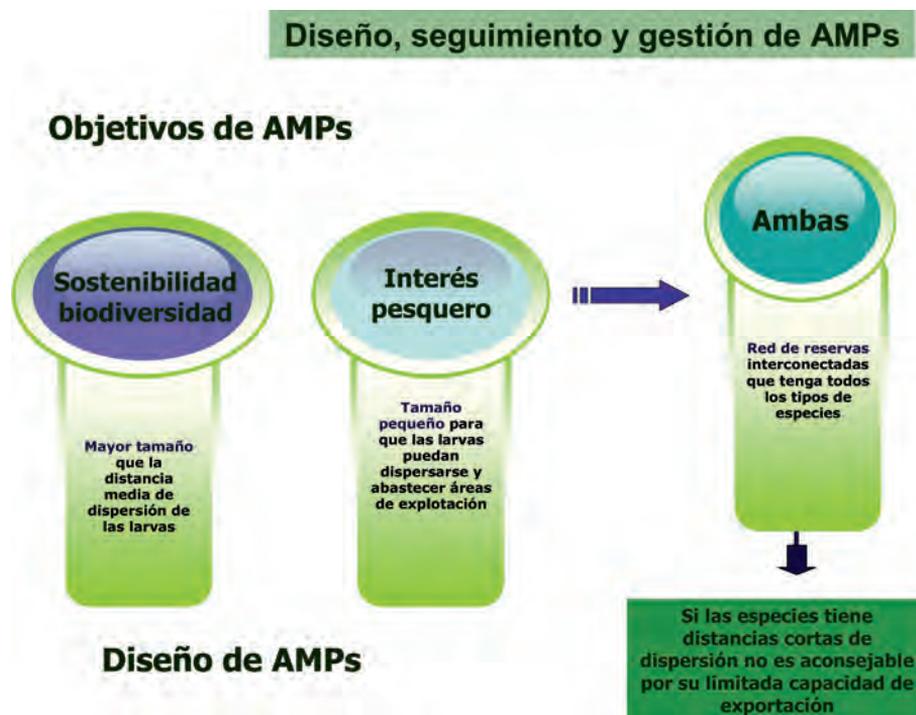


Figura 8.- Diseño de AMPs, dependiendo de objetivos perseguidos.

Conclusiones

La tecnología del ADN está cumpliendo en la actualidad un papel muy importante en la gestión y el desarrollo de la pesca y la acuicultura. Algunas de las aplicaciones que hemos relatado en este trabajo, están ya muy desarrolladas, aunque todas siguen teniendo un gran potencial de estudio debido, especialmente, a la gran cantidad de especies con las que tenemos que tratar y, por otra parte, a que la aparición de nuevas tecnologías relacionadas con el ADN representan nuevos retos para realizar mejores análisis, más rápidos y fiables, y mucho más asequibles económicamente. Otras aplicaciones, todavía están muy poco implantadas, pero con muchas e interesantes posibilidades. Además, el propio desarrollo de muchas de las aplicaciones y el trabajo realizado en los últimos años, han posibilitado el desarrollo de otras tecnologías, como es el caso del diseño de DNA-chips o DNA-microarrays que contienen sobre un soporte sólido series de oligonucleótidos, desde cientos hasta cientos de miles de éstas moléculas. Esta metodología permite en una única reacción detectar una especie por hibridación contra una batería de sondas, basadas en secuencias previamente obtenidas en laboratorio y que poseen valor diagnóstico. El ADN extraído a partir de una muestra problema, será hibridado con la totalidad de sondas disponibles para el conjunto de especies y la emisión de fluorescencia, en un punto concreto del chip, permitirá identificar la especie.

Por otra parte, ya existen soluciones a problemas que todavía no tienen una presencia real, al menos a nivel comercial, como es el caso de productos de la acuicultura modificados genéticamente (GMO), y que pueden ser percibidos como un riesgo por el consumidor pero, en todo caso, debe prevalecer el derecho de los consumidores a una completa y detallada información para ejercer libremente y con conocimiento, su derecho a una libre elección. En la actualidad la investigación y desarrollo de sistemas de detección de GMO están mayoritariamente dirigidos hacia organismos vegetales. Sin embargo existe un continuo desarrollo en la creación de peces transgénicos, fundamentalmente salmónidos en EEUU y Canadá y especies locales en Asia. La principal aplicación de la biotecnología sobre estas especies se centra en la incorporación del gen de la hormona del crecimiento para obtener en aproximadamente 18 meses el tamaño comercial, mientras que el salmón salvaje alcanza este tamaño en tres años. Es previsible una cercana generalización de la comercialización de huevos transgénicos, y su cultivo en las numerosas plantas de crecimiento de salmónidos europeas, con la consiguiente presencia en el mercado de estos peces para su consumo en fresco y procesado. Las metodologías a utilizar en la detección de organismos modificados genéticamente se basarán en la detección mediante PCR en tiempo real. Para ello serán diseñados cebadores y sondas basadas en las secuencias transgénicas, incluyendo las secuencias de los promotores utilizados para la expresión de dichos genes. Esta información es obligatoriamente suministrada por los creadores de organismos transgénicos como condición previa a su comercialización, además, una aplicación del desarrollo de sistemas para la identificación de peces transgénicos es su capacidad para detectar su presencia en las poblaciones naturales. Las especies de peces transgénicas para la hormona del crecimiento presentan un tamaño mayor que los peces no transgénicos, con modificaciones musculares y moleculares bien caracterizadas. Debido al mayor éxito reproductivo de los grandes machos una vez en el medio natural, estos peces transgénicos pueden llegar a fijarse en las poblaciones naturales y conducir a su extinción. Los sistemas de detección constituyen una herramienta fundamental de cuidado y vigilancia del medio natural, permitiendo la detección de estos individuos en cualquier fase de su desarrollo.

Referencias

- Allison GW, Gaines SD, Lubchenco J, Possingham HP. 2003. Ensuring persistence of marine reserves: catastrophes require adopting an insurance factor. *Ecological Applications* 13: S8-S24.
- Bartlett S.E., Davidson W.S. 1992. FINS (Forensically Informative Nucleotide Sequencing): a procedure for identifying the animal origin of biological specimens. *Biotechniques* 12(3): 408-411.
- Botsford LW, Hastings A, Gaines SD. 2001. Dependence of sustainability on the configuration of marine reserves and larval dispersal distance. *Ecology Letters* 4: 144-150.

- Botsford LW, Micheli F, Hastings A. 2003. Principles for the design of marine reserves. *Ecological Applications* 13: S-25-S31.
- Buonaccorsi VP, Westerman M, Stannard J, Kimbrell C, Lynn E, Vetter RD. 2004. Molecular genetic structure suggests limited larval dispersal in grass rockfish, *Sebastes rastrelliger*. *Marine Biology* 145: 779-788.
- Burgos R., J. Quinteiro, P. López-Sánchez, D. Pérez-Brun, A. Tubío, M. Rey-Méndez. 2004. Identificación de especies basada en la secuencia del COI (ADNmt) del género *Clavella* Oken, 1815 (Copepoda: Siphonostomatoida: Lernaepodidae), parásito de peces de la costa norte de Chile. *VI Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Edts. M. Rey-Méndez, J. Fernández-Casal, M. Izquierdo. Págs.: 277-288.
- Hillis D.M. , Moritz C., Mable B.K. 1996. Molecular systematics, 2nd edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Hold G.L., Russell V.J., Pryde S.E., Rehbein H., Quinteiro J., Rey-Méndez M., Sotelo C.G., Pérez-Martín R.I., Santos A.T., Rosa C. 2001. Validation of a PCR-RFLP based method for the identification of salmon species in food products. *Eur. Food Res. Technol.* 212(3): 385-389.
- Izquierdo M., Quinteiro J., Amor R., Rodriguez J., Rey-Méndez M. 2002. Orden Pleuronectiformes: relaciones filogenéticas inferidas a partir del ADN mitocondrial. *IV Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Edts. M. Rey-Méndez, J. Fernández-Casal, M. Izquierdo, A. Guerra. Págs.: 287-294.
- Kocher T.D., Thomas W.K., Meyer A., Edwards S.V., Pääbo S., Villablanca F.X., Wilson A.C. 1989. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: Amplification and sequencing with conserved primers. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 86: 6196-6200.
- Mackie I.M., Pryde S.E., González-Sotelo C., Medina I., Pérez-Martín R., Quinteiro J., Rey-Méndez M., Rehbein H. 1999. Challenges in the identification of species of canned fish. *Trends in Food Science, Technology.* 10: 9-14.
- Olivares-Paz A., Quinteiro J., Rey-Méndez M. 2006). Autenticación de lapas del género *Fissurella* (MOLLUSCA: VETIGASTROPODA) en la costa chilena, mediante PCR-RFLP. *Investigaciones Marinas.* 34(1): 113-118.
- Palumbi SR. 2003. Population genetics, demographic connectivity, and the design of marine reserves. *Ecological Applications* 13:S146-S158.
- Quinteiro J. 2011. Filogenia molecular, estructura poblacional y trazabilidad genética de Escómbridos (Pisces: Scombridae). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- Quinteiro J., Vidal R., Rey-Méndez M. 1997. Population variation in the mitochondrial DNA of the european hake (*Merluccius merluccius*) from atlantic and mediterranean waters. *Journal of Fish Biology.* 51: 416.

- Quinteiro J., Vidal, R., Fernández-Barreiro, J.A., y Rey-Méndez M. 1997. Mitochondrial DNA sequence variation and phylogenetic relationships in the mackerels of Genus *Scomber* (Tribe: Scombrini, Scombridae, Teleostei). *Ichthyoplankton Ecology Fisheries Society of the British Isles*. 50pp.
- Quinteiro J., Sotelo C.G., Rehbein H., Pryde S.E., Medina I., Pérez-Martín R.I., Rey-Méndez M., Mackie I.M. 1998. Use of mtDNA direct polymerase chain reaction (PCR) sequencing and PCR-restriction fragment length polymorphism methodologies in species identification of canned tuna. *J. Agric. Food Chem.* 46:1662-1669.
- Quinteiro J., Vidal R., Rey-Méndez M. 2000. Phylogeny and biogeographic history of hake (genus *Merluccius*) inferred from mitochondrial DNA control-region sequences. *Marine Biology*, 136 (1): 163-174.
- Quinteiro J., Vidal R., Izquierdo M., Sotelo C.G., Chapela M.J., Pérez-Martín R.I., Rehbein H., Hold G.L., Russell V.J., Pryde S.E., Rosa C., Santos A.T. , Rey-Méndez, M. 2001. Identification of hake species (*Merluccius* genus) using sequencing and PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA control region sequences. *J. Agric. Food Chem.*, 49(11), 5108-5114.
- Quinteiro J., R. Vidal, M. Izquierdo, M. Rey-Méndez. 2001. Análisis de secuencias del gen mitocondrial ARNr 16S de especies de bivalvos utilizadas en acuicultura. *Monog. Inst. Canario de Ciencias Marinas*. 4: 567-574.
- Quinteiro J., Burgos R., Arán J., Sendón M., Rey-Méndez M. 2003. Uso de marcadores moleculares para la estimación de parentesco y su aplicación en planes de mejora genética en el cultivo del besugo (*Pagellus bogaraveo*, Brünnich 1768)". *X Colacmar*. San José (Costa Rica).
- Quinteiro J., Rodríguez-Castro J., Rey-Méndez M. 2007. Population genetic structure of the stalked barnacle *Pollicipes pollicipes* (Gmelin,1789) in the northeastern atlantic: influence of coastal currents and mesoscale hydrographic structures. *Marine Biology*. 153: 47-60.
- Quinteiro J., Baibai T., Oukhattar L., Soukri A., Seixas P., Rey-Méndez M. 2011. Multiple paternity in the common octopus *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797), as revealed by microsatellite DNA analysis. *Molluscan Research*. 31(1): 15-20.
- Quinteiro J., Rodríguez-Castro J., López P., López-Jurado L.F., González-Henríquez N., Rey-Méndez M. 2011. Morphological and molecular characterization of a new species of Atlantic stalked barnacle (Scalpelliformes: Pollicipedidae) from the Cape Verde Islands. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* (en prensa).
- Rehbein H., Mackie I.M., Pryde S., González-Sotelo C., Pérez-Martín R., Quinteiro J., Rey-Méndez M. 1995. Fish species identification in canned tuna by DNA Analysis (PCR-SSCP). *Inf. Fischwirtsch.* 42(4): 209-212.

- Rehbein H., Mackie I.M., Pryde S., González-Sotelo C., Pérez-Martín R., Quinteiro J., Rey-Méndez M. 1998. Comparison of different methods to produce single-strand DNA for identification of canned tuna by single –strand conformation polymorphism analysis. *Electrophoresis*. 19: 1381-1384.
- Rehbein H., Mackie I.M., Pryde S., González-Sotelo C., Pérez-Martín R., Quinteiro J., M. Rey-Méndez. 1999. Fish species identification in canned tuna by PCR-SSCP: Validation by a collaborative study and investigating of intra-species variability of the DNA-patterns. *Food Chemistry*, 64:263-268.
- Rehbein H., González-Sotelo C., Pérez-Martín R., Quinteiro J., Rey-Méndez M., Pryde S., Mackie I.M., Santos A.T. 1999. Differentiation of sturgeon caviar by single strand conformation polymorphism (PCR-SSCP) analysis. *Archiv für Lebensmittelhygiene*. 50: 13-17.
- Rehbein H., Sotelo C.G., Perez-Martín R.I., Chapela-Garrión M.J., Hold, G.L., Russell V.J., Pryde S.E., Santos A.T., Rosa, C., Quinteiro J., Rey-Méndez, M. 2002. Differentiation of raw and processed eel by PCR based techniques: Restriction Fragment Length Polymorphism Analysis (RFLP) and Single Strand Conformation Polymorphism Analysis (SSCP). *European Food Research and Technology*, 214(2):171-177.
- Russell V.J., Hold G.L., Pryde S.E., Rehbein H., Quinteiro J., Rey-Méndez M., Sotelo C.G., Pérez-Martín R.I., Santos A.T., C. Rosa. 2000. Use of Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP) to distinguish between Salmon species. *J. Agric. Food Chem.* 48(6): 2184-2188.
- Saiki R.K., Gelfand D.H., Stoffel S., Scharf S.J., Higuchi R., Horn G.T., Mullis K.B., Erlich H.A. 1988. Primer-directed enzymatic amplification of DNA with thermostable DNA polymerase. *Science* 239:487-491.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. 1989. *Molecular cloning. A laboratory manual*. Second Edition. Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- Sanchez A., Quinteiro J., Rey-Méndez M., Pérez-Martín R.I., Sotelo C.G. 2009. Identification of European Hake Species (*Merluccius merluccius*) Using Real-Time PCR. *J. Agric. Food Chem.* 57: 3397-3403.
- Sotelo C.G., Piñeiro C., Gallardo J.M., Pérez-Martín R.I. 1993. Fish species identification in seafood products. *Trends in Food Science and Technology*, 4: 395-401.
- Sotelo C.G., Calo-Mata P., Chapela M.J., Pérez-Martín R.I., Rehbein H., Hold G.L., Russell V.J., Pryde S.E., Quinteiro J., Izquierdo M., Rey-Méndez M., Rosa C., Santos A.T. 2001. Identification of flatfish (Pleuronectiforme) species using DNA-based techniques. *J. Agric. Food Chem.* 49(10):4562-4569.
- Vidal R. 1999. Filogeografía molecular del género *Merluccius* y estructura genética poblacional de la merluza chilena (*Merluccius gayi*) y de la merluza europea (*Merluccius merluccius*). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.

Aprovechamiento integral de residuos en acuicultura. El caso de las islas Canarias

González-Henríquez N., Grimón Domínguez M.

Instituto Canario de Ciencias Marinas, Agencia Canaria de Investigación,
Innovación y Sociedad de la Información. Gobierno de Canarias
Apdo. 56, 35200 Telde, Las Palmas, Islas Canarias, España
ngonzalez@iccm.rcanaria.es

Introducción

El sector de la acuicultura se encuentra en plena expansión. En los últimos años el número de empresas dedicadas a los cultivos marinos ha aumentado de manera considerable. Esto conlleva un aumento en la generación de residuos que supone un problema ambiental, económico y de cumplimiento de la legislación por parte de las instalaciones acuícolas, para los que se tienen que buscar soluciones a través de diferentes actuaciones, como el desarrollo de técnicas de minimización y aprovechamiento de estos residuos, así como alternativas de gestión efectivas para los no aprovechables.

En el ámbito del sector empresarial acuícola, a nivel internacional y nacional, se han desarrollado proyectos e investigaciones dirigidas a abordar temas sobre la gestión de los residuos. Dado que la acuicultura engloba una gran variedad de procesos, especies cultivadas y técnicas de cultivo, en primer lugar hay que caracterizar los diferentes residuos generados en cada tipo de producción acuícola, determinar cuáles son los procesos que los originan y cuál es la gestión actual a la que están sometidos. Con esta información se desarrollarán técnicas para reducir el volumen de residuos en origen, actuando en las materias primas y auxiliares y en los propios procesos productivos. Posteriormente, para los distintos subproductos animales generados en cada uno de los procesos, se obtendrán productos de valor añadido con aplicación comercial y se propondrán alternativas de gestión, aprovechamiento menor y correcta eliminación para el resto de residuos.

El Libro Blanco de la Acuicultura (2001), trataba ya el tema de la minimización de residuos, en el capítulo dedicado a la Gestión Medioambiental de los cultivos. Se especificaba

que, para la minimización de los efectos de los residuos sobre el medio, es imprescindible una correcta gestión interna y externa de los residuos, por ello, debe optarse por aquellas técnicas que impliquen la prevención, el reciclado o la reutilización.

Según la citada publicación, los residuos que genera la actividad acuícola van a variar mucho en función del tipo de técnica de cultivo y de la especie cultivada. Aún así, en líneas generales se pueden encontrar los siguientes tipos de residuos:

- ◇ Residuos urbanos: de características similares a las basuras de tipo doméstico
- ◇ Envases residuales no peligrosos: sacos de pienso, etc.
- ◇ Envases residuales peligrosos: envases de productos químicos de carácter peligroso utilizados en los tratamientos sanitarios y en las operaciones de limpieza.
- ◇ Residuos del mantenimiento de las instalaciones y de los vehículos o embarcaciones utilizados: madera, chatarra, redes, materiales filtrantes residuales, aceites usados (peligrosos), etc., en función de las características de la instalación.
- ◇ Lodos de los sistemas de tratamiento de los efluentes.
- ◇ Ejemplares muertos durante el cultivo, incluyendo grandes mortandades.

Esta situación de partida y la caracterización de estos residuos realizada en el sector acuícola canario, teniendo en cuenta los requisitos exigidos por la legislación vigente en materia de residuos, permitirán identificar mejoras en la gestión interna de los mismos por las empresas acuícolas canarias, disminuyendo los impactos medioambientales que esta actividad genera.

La concienciación de las empresas hacia la producción limpia, es hoy en día uno de los objetivos principales perseguidos en el ámbito medioambiental, que se viene marcando desde la Unión Europea. Se denomina producción limpia a la aplicación continuada de una estrategia de prevención ambiental a los procesos y productos, con el fin de reducir riesgos tanto para los seres humanos como para el medio ambiente. Las actuaciones en materia de producción limpia suponen actuaciones tendentes a la prevención en origen. Por ello, el objetivo fundamental para este tipo de acciones es promover medidas de gestión ambiental preventivas que favorezcan procesos de producción más limpios, eficientes y rentables, encaminados a reducir el consumo de recursos y la generación de corrientes residuales.

Una forma de introducir en la empresa la producción limpia es interiorizando el concepto de minimización, visto como la mejor alternativa de reducción de residuos, entendiéndose como la introducción de una serie de medidas de reducción, reutilización y reciclaje en origen, que prevean una disminución de la cantidad y/o peligrosidad de los residuos generados. La gestión de los residuos establece como prioritarias las medidas encaminadas a la reducción en origen de los residuos. La disposición adicional segunda del RD 952/97, donde se hace referencia a la realización de un estudio de minimización, integra en la legislación

estatal de residuos peligrosos el principio de reducción en origen, que se plantea como el más eficaz para solucionar los problemas asociados a la generación de residuos.

La Ley 10/98, de Residuos y la Ley 11/97, de Envases y Residuos de Envases, mencionan expresamente el beneficio de la implantación de medidas que tiendan a evitar la generación de residuos. Aunque en el RD 952/97 se hace referencia a la minimización de residuos peligrosos, ésta también debe hacerse extensible a los residuos no peligrosos, en este caso dirigida a una reducción de su cantidad.

El término “minimización” no sólo contempla la prevención, evitando la generación de residuos, sino también el reciclaje o la reutilización interna de los mismos, en la propia empresa. En un sentido más amplio, el reciclaje externo puede considerarse como otra técnica válida de minimización de residuos, pero esta opción no conlleva una reducción efectiva de la producción de residuos, aunque sí contribuye a una minimización global de la contaminación.

La mayor parte de los esfuerzos y recursos económicos que dedican las empresas en este campo, se destinan al tratamiento y gestión de los residuos, en lugar de a su minimización. Las medidas preventivas de minimización en origen aplicables a los residuos, deben orientarse a la obtención del mayor beneficio ambiental y deben estar encaminadas principalmente a reducir la cantidad y/o peligrosidad de los residuos. Muchas empresas pueden mostrar ciertas reservas para introducir medidas de minimización en su actividad, quizás por partir de la idea equivocada de creer que estas medidas están basadas en tecnologías avanzadas o requieren grandes inversiones de capital, pero esto no siempre es así, ya que muchas veces son simples cambios en la operativa o en los materiales que se utilizan.

Metodología

En el periodo de estudio, en la Comunidad Canaria había 33 empresas dedicadas al cultivo de peces. En Canarias la mayor parte de las empresas se dedican al engorde de doradas y lubinas en jaulas flotantes. Existen dos grandes grupos comercializadores de pescado de acuicultura en Canarias: “Acuicultura Marina de Canarias (Acuimarca)” y “Doradas y Lubinas de Canarias (Dylcan)”, que comercializan la producción de las 26 empresas de cultivos marinos que operan actualmente en el archipiélago canario (Báez 2003).

Para la elaboración de este trabajo, concluido en 2007, se realizaron 14 encuestas. En el periodo 2003-2005 las instalaciones de cultivo en Canarias sufrieron un vertiginoso crecimiento, de esta forma han aumentado su producción y por tanto los residuos generados. Además, numerosas empresas que comenzaban su actividad en el 2004 sacaron sus primeros lotes a la venta. Estos hechos se tienen que tener en cuenta a la hora de interpretar los resulta-

dos obtenidos, ya que los datos de residuos generados en Canarias podrían ser notablemente mayores a los expresados en este trabajo.

El cuestionario que se ha realizado a las empresas de acuicultura, diseñado por AZTI, está orientado a obtener información estandarizada. Las encuestas se realizaron personalmente, para ello, se contactó con las dos asociaciones empresariales/comercializadoras que aglutinaban a todas las empresas censadas en Canarias, con el fin de elaborar el censo de las mismas y solicitarles su colaboración para realizar las encuestas. Los datos obtenidos de las encuestas fueron trasladados a una aplicación informática en formato Access, diseñada y desarrollada por AZTI. Dicha aplicación ha quedado al servicio de la administración autonómica, pudiendo así introducir nuevos datos de una manera cómoda y elaborar estadísticas actualizadas en todo momento.

Resultados

Caracterización de los residuos de la Acuicultura

Los residuos de la acuicultura se han clasificado en dos grupos, por un lado se han considerado los residuos generales obtenidos por cualquier empresa sin tener en cuenta la actividad a la que se dediquen y, por otro, los residuos propios del proceso productivo de la actividad acuícola (Fig. 1).

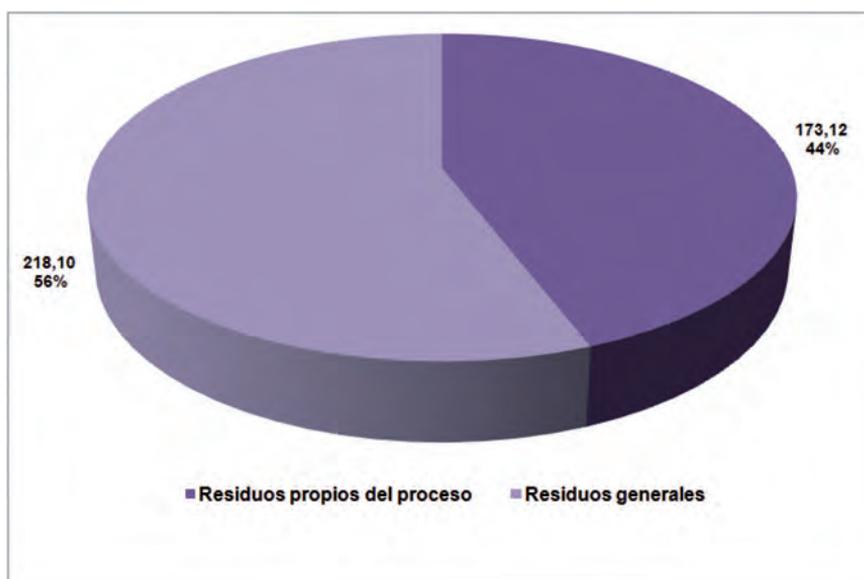


Figura 1.- Tipos y porcentajes de residuos de la acuicultura marina en Canarias.

Dentro del grupo de los residuos generales de cualquier actividad se pueden encontrar los considerados a efectos legales como residuos asimilables a urbanos, así como los residuos considerados peligrosos y que se encuentran como tales en la lista europea de residuos: residuos plásticos, papel y cartón, restos de madera (sobre todo palets utilizados en el almacenaje de los sacos de pienso), vidrios, metales y chatarra.

Dentro de los residuos considerados como peligrosos, son generados por esta actividad, los aceites usados de barcos y de maquinarias, baterías tanto de barco como de maquinaria, fluorescentes, equipos eléctricos y electrónicos, equipos informáticos desechados, productos químicos de laboratorio, residuos sanitarios, envases de pienso medicado, envases de productos químicos, pinturas, disolventes, filtros de aceite, productos de limpieza, cartuchos de tinta. Aun teniendo en cuenta la variedad de los residuos generados, no se consideran importantes puesto que se producen en cantidades muy bajas.

En cuanto a los residuos que generan las empresas encuestadas, la mayor parte, pertenecen al grupo de residuos y subproductos propios del proceso productivo. Destaca un porcentaje bastante alto de estos residuos generados en la acuicultura marina en tierra, teniendo en cuenta que en esta comunidad sólo existe una planta en activo.

Dentro de los residuos generales producidos por las empresas de acuicultura, se encuentra un porcentaje bastante alto de residuos de madera y plásticos. La razón de su generación se encuentra en la alimentación diaria de estas especies, tanto en los cultivos en tierra como en los que utilizan sistemas de jaulas flotantes. Destaca el hecho de que la generación de residuos plásticos en los cultivos en jaulas es mayor que los producidos en tierra, debido al uso de diferentes envases de pienso. Esto se debe a que las plantas de cultivo en tierra usan, además de los sacos de 25 kg, sacos big-bag retornables y de mayor capacidad, que les permite, disminuir la cantidad de este tipo de residuos plásticos que generan. En cambio, por razones de operatividad, las instalaciones de jaulas flotantes no pueden utilizar estos sacos big-bag, limitándose a utilizar sólo envases de plástico de menor capacidad que los mencionados anteriormente (Fig. 2).

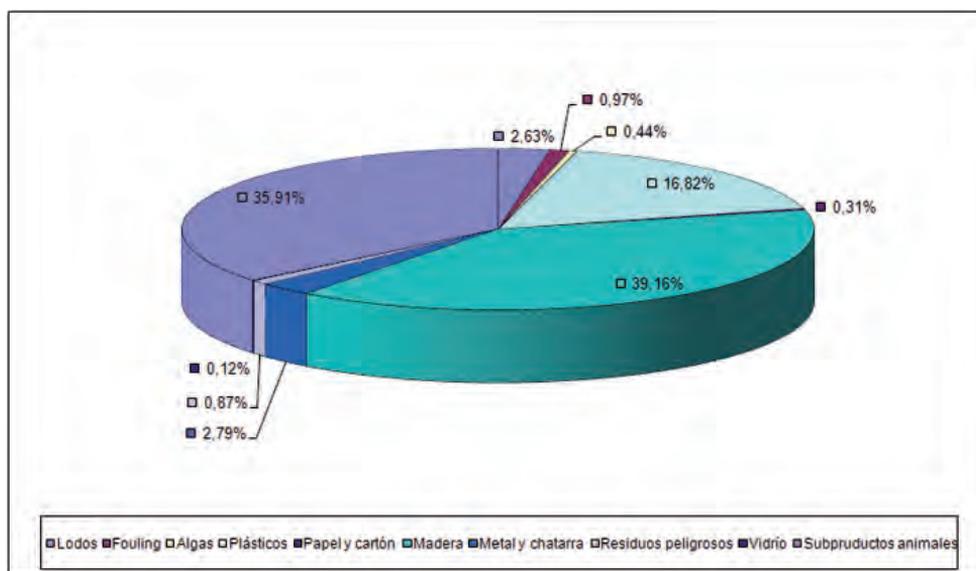


Figura 2.- Tipos y porcentajes de productos residuales de la acuicultura marina en Canarias.

Por otro lado, en el grupo de los residuos generados por el propio proceso productivo nos encontramos dos subgrupos. Por una parte están los subproductos animales no destinados a consumo humano, en el que se engloban animales muertos por enfermedad o por causas físicas y los no comercializados también llamados NAC. El segundo subgrupo lo forma, el pienso caducado, el fouling u organismos que se pegan a las jaulas, las algas y los lodos originados por la deposición de las heces de los peces y del pienso no consumido, así como los no asimilados por ellos. Los residuos generados por la acuicultura canaria, cuantificados durante el año 2004, en toneladas, se muestran en las tablas I y II.

Tabla I.- Cuantificación de los residuos generados por la acuicultura en Canarias: Residuos generales.

Residuos generales				
Grupo	Tipo de residuos		Código LER	Acuicultura marina
Residuos urbanos y asimilables	Plásticos	Envases: sacos de pienso LDPE, films de embalaje, envases EPS, envases PP, cubos PP	020104 150102 160119 200139	45,71
		Envases: sacos Big-bags de rafia de PP	020104 150102 160119 170203 200139	2,4
		Redes y cabos de nylon, PP y PE	020104 150102 160119 170203 200139	22,9
	Papel y cartón	Asimilables a residuos urbanos	200101	1,28
		Envases: usados en embalajes	150101 200101	
	Madera	Palets de madera	150103 200138	130,02
	Metal y chatarra	Restos de metales desechados: grillete-ría, restos de obras de instalaciones en tierra	020110 160117 160118 170407 200140	11,52
	Vidrio	Vidrio industrial: envases de productos no peligrosos	200102	0,5
	Subtotal residuos urbanos asimilables:			

Tablas II.- Cuantificación de los residuos generados por la acuicultura en Canarias: Residuos propios.

Residuos propios del proceso productivos			
Tipo de residuos		Código LER	Acuicultura marina
Categoría 2	Animales que mueren sin ser sacrificados por enfermedad	020102	15,26
	Animales que mueren sin ser sacrificados por causas físicas	020102	70,05
Categoría 3	Animales no comercializados NAC	020102	70,3
Subtotal subproductos animales:			155,61
Lodos	Residuos de lodos de lavado y limpieza de la acuicultura	020101	11,4
Residuos	Heces y pienso no asimilado	020106	
Pienso caducado		020203 200201	0
Fouling	Residuos de tejidos animales	020102	4,21
Residuos de tejidos vegetales		020103	
Algas		020103	1,9
Subtotal residuos no peligrosos:			17,51
Total de residuos propios del proceso:			173,12

De los datos obtenidos en las tablas anteriores, se observa que aproximadamente el 36% de los residuos generados por la acuicultura canaria, principalmente procedentes de los cultivos marinos, que corresponden a un total de 155,61 t, se encuadran dentro de los subpro-

ductos animales no destinados a consumo humano. Este dato es particularmente alto, teniendo en cuenta que en Canarias no se realiza transformación de los productos de la acuicultura, no generándose subproductos de pescado tipo cabezas, vísceras y espinas (Fig. 3 y 4).

Por otra parte, dentro de los residuos asimilables a urbanos destaca la generación de restos de madera, con un volumen de 170,02 t/año, que corresponden del total a unos 39,16%, procedentes de los palets que se utilizan para el transporte de los sacos de pienso. También es destacable la generación de residuos plásticos con un porcentaje elevado de aproximadamente 16,82%, que corresponde a un volumen de 73,01 t/año.

Cabe señalar el bajo porcentaje encontrado también para los lodos, con un 2,63%. La causa se debe a los tipos de plantas de cultivo que operan en Canarias. Como en el caso del *fouling* y las algas, al estar constituidas la mayoría de las empresas por instalaciones de jaulas marinas, el lodo generado en el cultivo no puede ser recogido, contabilizado ni por supuesto gestionado, por lo que en algunos casos se han realizado estimaciones de generación del mismo y sólo en la única planta terrestre existente, se ha obtenido un dato real, ya que en ella sí se recoge como residuo en sus tanques e instalaciones.

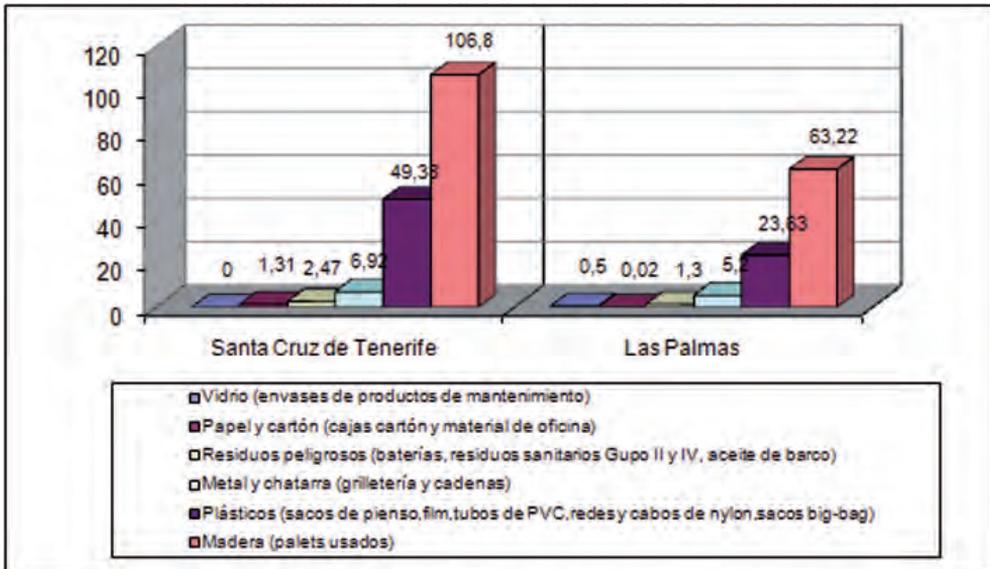


Figura 3.- Residuos generales de la acuicultura en Canarias.

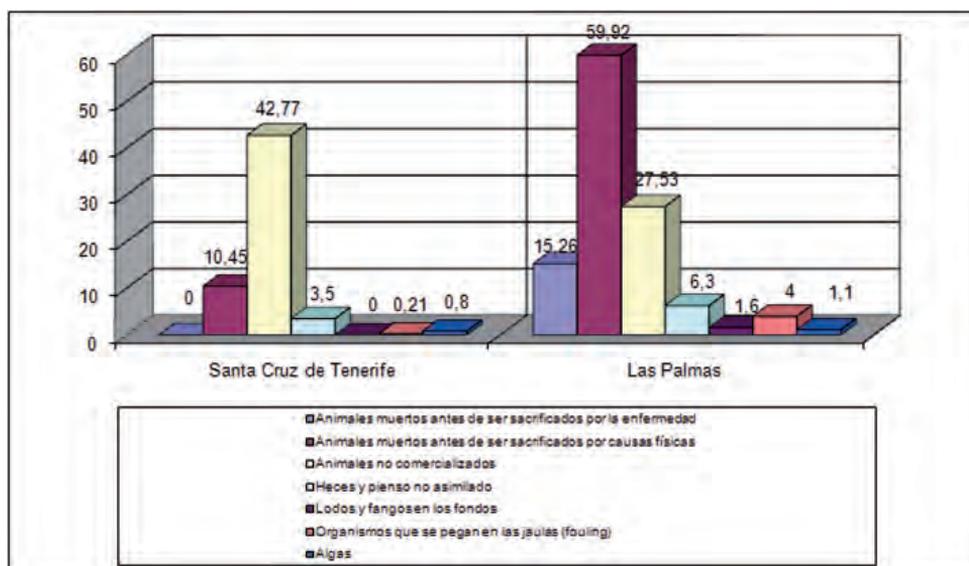


Figura 4.- Residuos propios de la acuicultura en Canarias.

Minimización

Un Plan de Minimización, es una herramienta de control de la gestión ambiental encaminada a hacer un uso racional de los recursos y a reducir la cantidad y peligrosidad de los residuos generados en un proceso productivo. El objetivo de un Plan de Minimización es conocer las fuentes de generación de los residuos y plantear medidas para disminuir las cantidades de los mismos y su peligrosidad, si puede ser, actuando directamente sobre la fuente generadora. En el caso del sector de la acuicultura en Canarias, la mayoría de las empresas no tienen implantado ningún sistema de gestión medioambiental.

Para elaborar un Plan de Minimización adecuado se necesitan realizar las siguientes etapas:

- **Identificación de los procesos generadores de residuos:** identificando todos los procesos y actividades que se desarrollan en la empresa y que son generadores de residuos peligrosos.
- **Identificación de los residuos:** identificando todos y cada uno de los residuos y obtener información más detallada de cada uno de ellos (cantidad total generada anualmente, frecuencia con la que se genera, tipología del residuo, peligroso o no peligroso, característica de peligrosidad si es peligroso, gestión actual que lleva el residuo y la frecuencia de gestión, costes de derivados de la gestión de los residuos).
- **Identificación de materias primas y productos:** conocer el funcionamiento de la maquinaria y equipos involucrados en los procesos generadores de residuos ya que

sustituyendo la actual maquinaria por nuevos equipos, o llevando un correcto mantenimiento de los mismos, se produciría un mayor aprovechamiento de las materias primas.

- **Análisis de todos los datos (diagramas de flujo):** proceso de análisis que va a permitir encontrar qué oportunidades de minimización están al alcance de la empresa, e identificar aquellos aspectos prioritarios donde incidir. En el caso del sector acuícola, los residuos generados se dividen en dos subgrupos:
 - ◇ **Residuos generales:** Son aquellos que se generan en la misma empresa independientemente de su proceso productivo y como consecuencia de la actividad general de la misma.

Los residuos generales no peligrosos, más frecuentes en las piscifactorías son:

- Residuos plásticos (envases, embalajes, films, etc.).
- Papel y cartón.
- Restos de madera (palets, etc.).
- Sacos big-bags.
- Metal y chatarra.
- Vidrio.

Los residuos generales peligrosos, más frecuentes en las piscifactorías son:

- Aceites de maquinaria y filtros.
- Envases de residuos peligrosos y detergentes.
- Fluorescentes.
- Baterías.
- Filtros de aceite.
- Residuos sanitarios (placas de petri usadas, material vacunación usado etc.).
- ◇ **Residuos propios:** Son aquellos que se generan en la empresa debidos principalmente al tipo de actividad de la empresa y al proceso productivo que se realiza en la misma.

Los residuos propios no peligrosos, más frecuentes en las piscifactorías son:

- Peces muertos por enfermedad.
- Peces muertos por causas físicas.
- Animales sacrificados aptos para consumo humano pero no comercializados.
- Lodos que contienen fangos, heces y pienso no consumido.
- Algas.
- Fouling.

Para buscar las alternativas de minimización hay que tener claro cual es el objetivo general de la minimización para elegir la más adecuada. Las medidas de minimización que se obtengan deberán estar encaminadas a reducir la cantidad de residuos generados y/o reducir la peligrosidad de los mismos.

- Cambios en la organización.
- Cambios en materias primas.
- Buenas prácticas operativas.
- Cambios tecnológicos.
- Cambios en productos.
- Reutilización/ Reciclaje/ Valorización en la planta.

Para lograr esos objetivos hay que analizar una serie de alternativas de minimización y hacer una valoración entre todas las posibles alternativas, estudiando la viabilidad de cada opción y así determinar la más óptima y adecuada (Tabla III).

Tabla III.- Factores que determinan la viabilidad de aprovechamiento de los residuos.

Técnicos	Económicos	De Mercado
Existencia de componentes revalorizables / alternativas de aprovechamiento	Volúmenes de materia prima mínimos para rentabilizar la producción	Cumplimiento normativa sanitaria, ambiental y específica para cada demanda
Ratio y pureza de obtención	Concentración geográfica para poder sumar <u>masa crítica</u> (Coste transporte).	Demanda en el mercado del producto producido, disponibilidad real de aceptación
Idoneidad mínima técnica de aprovechamiento	Relación coste productivo / beneficio esperado	Existencia de infraestructuras de gestión
Disponibilidad de la tecnología a nivel industrial y económicamente viable		Volúmenes de materia mínimos/máximos para satisfacción demanda

El objeto de esta evaluación consiste en estudiar la viabilidad técnica y económica de cada una de las alternativas propuestas con el fin de tomar una decisión acerca de su implantación, teniendo en cuenta en primer lugar los beneficios ambientales e intangibles. (Fig. 5)

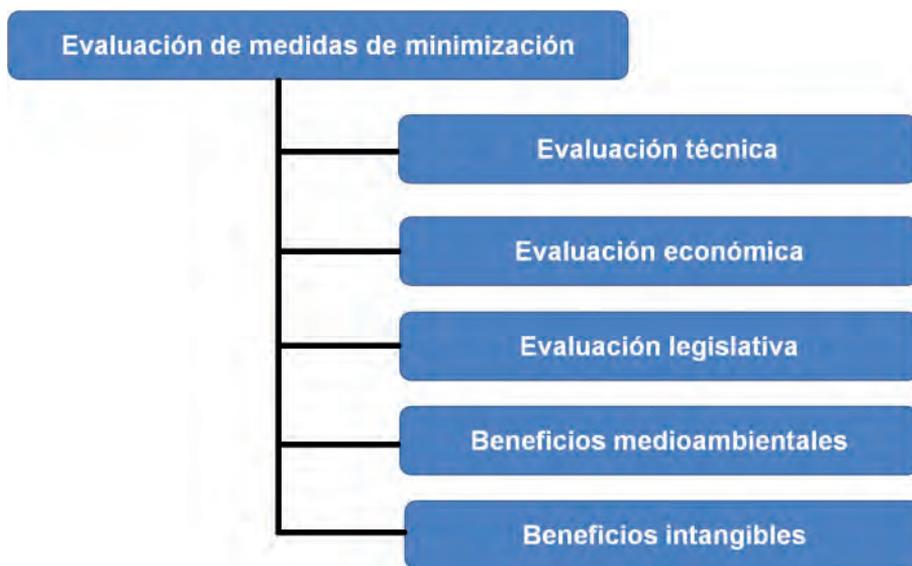


Figura 5.- Diagrama de valoración de las alternativas de minimización.

Evaluación técnica: estudiar la viabilidad técnica de una determinada alternativa para la minimización de residuos, va a determinar si funcionará en una determinada aplicación.

Evaluación económica: comparar los gastos de inversión y explotación de la alternativa considerada frente a los gastos de inversión y explotación actuales, valorando los ahorros en la gestión de residuos y en el consumo de recursos y materias primas, frente a posibles gastos de compra de nuevos equipos.

Evaluación legislativa: estudiar si las medidas a evaluar interaccionan con la normativa vigente en materia de residuos o si, por el contrario, éstas provocan un acercamiento al cumplimiento de la legislación ambiental.

Beneficios ambientales: estudiar el beneficio ambiental que se va a obtener con cada una de las alternativas propuestas, y la influencia que la implantación de esa alternativa tiene en otras corrientes residuales. Se deben contemplar, además de la reducción de los residuos, otros aspectos que tengan influencia en el medio ambiente, como el ahorro en materias primas, energía y agua.

Beneficios intangibles: aquellos que indirectamente se pueden obtener de la alternativa de minimización (mejora de la imagen de un producto o de la empresa, mejoras en las relaciones con el entorno, disminución de riesgo de accidentes, mejora de la calidad del trabajo de los empleados, o las mejoras competitivas en determinados mercados).

Después de realizar el análisis y evaluación, en el caso de Canarias las medidas de minimización de los residuos generados por la actividad acuícola serían las siguientes:

- **Medidas generales**
 - ◇ Concienciación del personal sobre el aprovechamiento de la materia prima y la minimización del consumo de agua y energía.
 - ◇ Información sobre residuos y vertidos generados por la empresa.
 - ◇ Formación a los empleados para realizar una correcta recogida, manipulación y almacenamiento de los residuos.
 - ◇ Formación y capacitación del personal en buenas prácticas en las maniobras esenciales de los procesos productivos realizados en las plantas.
 - ◇ Creación de un sistema de incentivos para los empleados.
- **Reducción en la generación de residuos**
 - ◇ Empleo de materiales y utensilios de mayor vida útil para reducir la periodicidad de generación de los residuos por rotura o desgaste.
 - ◇ Evitar despilfarros en determinados materiales y recursos.
- **Reducción en la generación de residuos de envases y embalajes**
 - ◇ Reutilización de envases de determinadas materias primas para otros usos no alimentarios.
 - ◇ Mejorar las zonas utilizadas para el almacenamiento de materiales.
 - ◇ Negociación con proveedores la devolución o retorno de los envases de los distintos materiales para su reutilización.
 - ◇ Potenciar el consumo de material a granel o en grandes envases.
- **Reducción de peces muertos**
 - ◇ Mejora del manejo de los peces en los procesos donde son manipulados.
 - ◇ Evitar la sobresaturación de los peces en los sistemas de cultivo.
 - ◇ Controlar el mantenimiento de los parámetros que influyen en la calidad del agua de los cultivos.
- **Reducción del consumo de recursos en las oficinas**
 - ◇ Consumir papel reciclado no clorado.
 - ◇ Imprimir los documentos por ambas caras.
 - ◇ Utilizar un tipo de escritura que favorezca el aprovechamiento del papel.
 - ◇ Previsualizar antes de imprimir.
 - ◇ Potenciar el uso del correo electrónico.
 - ◇ Potenciar el uso de soportes informáticos regrabables.
 - ◇ Utilizar el toner ecológico en las impresoras.

- **Reducción de productos y útiles de limpieza y desinfección**
 - ◇ Mejora en el sistema de dosificación de productos químicos y detergentes.
 - ◇ Utilización de productos alternativos de limpieza más eficaces y menos contaminantes.
 - ◇ Aprovechamiento de determinados productos de limpieza y desinfección al máximo.
- **Reducción de los residuos orgánicos en las plantas de procesado**
 - ◇ Aplicación de técnicas de recogida en bandejas de las escamas de los peces que pasan por la cinta transportadora en las plantas de procesado.
 - ◇ Optimización de las máquinas volteadoras y clasificadoras para evitar dañar al pescado que pasa por ellas.
 - ◇ Búsqueda de nuevos mercados para peces de pequeño tamaño no comercial.

Gestión de residuos

Los residuos en general, y los residuos sólidos en particular, se consideran un grave problema social y ambiental, siendo éste un hecho relativamente reciente. Se entiende por gestión de los residuos al conjunto de operaciones encaminadas a dar, a los residuos producidos en una zona, el destino global más adecuado desde el punto de vista ambiental y especialmente en la vertiente sanitaria, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, coste de tratamiento, posibilidades de recuperación y comercialización, y directrices administrativas y legales en este campo.

Estas operaciones se pueden agrupar, según la etapa de actuación en: operaciones de pre-recogida, operaciones de recogida y transporte, estaciones de transferencia, tratamiento y eliminación de los residuos (reciclado, incineración, compostaje, biometanización y vertedero controlado).

Las empresas de acuicultura deben mejorar la gestión de sus residuos, aplicando las alternativas de gestión que resulten más adecuadas y específicas para cada tipo de residuos, mejorando así la competitividad del sector. Por otra parte, el empleo de estas medidas, minimizará los costes derivados de la propia actividad, ya que con ellos se mejora la eficiencia de los procesos productivos.

Se han realizado estudios sobre este tema en España (Guerrero *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2005; Bueno *et al.*, 2005; Miranda *et al.*, 2005; Pérez Martín 2005; AZTI Tecnalia 2005; Proyecto Gestinmer 2005; MAPA 2007), que ponen de manifiesto la incorrecta gestión de residuos que realizan las empresas dedicadas a los cultivos acuícolas en la actualidad y recalcan los beneficios que determinados cambios tecnológicos aportarían al sector. Por ello, es importante la implantación en las empresas de sistemas de gestión ambiental, así como la

necesidad de realizar determinados cambios tecnológicos en algunos procesos que ayudarían a minimizar los efectos derivados de esta actividad sobre el medio ambiente.

Para Canarias, los diferentes modelos de gestión de residuos y subproductos diseñados, se han planificado a través del Plan Integral de Residuos de Canarias (PIRCAN). Dentro del cual se contemplan de forma específica los diferentes tipos de residuos generados, estableciéndose las prescripciones técnicas generales y especiales que cada tipo precisa. Desde el punto de vista territorial, se contempla la totalidad de los residuos originados o gestionados en la Comunidad Autónoma de Canarias.

Según el Plan Integral de Residuos de Canarias (2000-2006), a la hora de efectuar una adecuada gestión de los residuos producidos en Canarias, se deben considerar los distintos flujos de residuos de acuerdo con la actividad donde han sido generados, así como su tipología. En este sentido se han contemplados los siguientes flujos:

- Residuos urbanos.
- Residuos especiales.
- Residuos industriales.
- Residuos sanitarios.
- Residuos ganaderos.
- Residuos agrícolas.
- Residuos forestales.

Dentro de este plan se consideran cuatro clases de residuos generados por el sector industrial en Canarias: residuos asimilables a urbanos, residuos inertes, residuos peligrosos y residuos especiales.

- Los residuos asimilables a urbanos, son residuos industriales que no son peligrosos, ni inertes y que, por sus características, pueden asimilarse a los residuos urbanos. Su gestión es realizada directamente por los establecimientos industriales o junto con la recogida domiciliaria.
- Los residuos inertes en el sector industrial son cualquier residuo que no experimente transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Dada la naturaleza inocua de estos residuos, normalmente suelen gestionarse conjuntamente con los residuos urbanos
- Se incluyen en residuos especiales, a aquellos de origen industrial que, por sus características, no pueden ser incluidos en ningún otro grupo y que sometidos a ensayo, según la normativa vigente, dan un grado de peligrosidad nulo. Un alto porcentaje de los residuos generados por la actividad acuícola, se encuentran dentro de esta clasificación, como los residuos de envases de pienso plásticos, palets valorizables, envases de vidrio, chatarra, papel y cartón, etc.

- Los residuos peligrosos, constituyen una parte significativa de los residuos generados en el sector industrial. Dentro de este grupo se incluyen aquellos residuos generados en la acuicultura que tienen carácter peligroso, como productos químicos y de limpieza clasificados como peligrosos, envases que los contienen, aceites Marpol e industriales, filtros de aceite, baterías, fluorescentes, etc. No son muy importantes desde el punto de vista cuantitativo, pero a nivel de gestión deben ser tenidos en cuenta por las implicaciones ambientales que conllevan. La gestión de este tipo de residuos es llevada a cabo principalmente por los gestores de residuos. En este sentido la administración, a través de los puntos limpios, facilita a pequeños productores la inclusión de estos residuos en ellos, encargándose de su gestión.

La actividad acuícola genera una amplia variedad de residuos, debido a las diferentes tipos de técnicas de cultivo y de especies cultivadas existentes, que no pueden ser englobados en uno solo de los flujos nombrados anteriormente. Aunque su actividad en función de la producción de residuos debiera estar incluida en el sector ganadero, genera además otros tipos de residuos diferentes a los aportados por esta actividad, como los producidos por las industrias de alimentación, residuos asimilables a urbanos, residuos sanitarios, forestales y especiales.

En líneas generales pueden indicarse los siguientes residuos como generados en las instalaciones de acuicultura:

- Residuos urbanos: de características similares a las basuras de tipo doméstico.
- Envases residuales no peligrosos: sacos de pienso, etc.
- Envases residuales peligrosos: envases de productos químicos de carácter peligroso utilizados en los tratamientos sanitarios y en las operaciones de limpieza.
- Residuos del mantenimiento de las instalaciones y de los vehículos o embarcaciones utilizados: maderas, chatarra, redes, materiales filtrantes residuales, aceites usados (considerados peligrosos), etc., en función de las características de la instalación
- Lodos acumulados en los fondos de los tanques de cultivo y otros sistemas de retención procedentes de heces, fango y pienso no consumido.
- Ejemplares muertos durante el cultivo, incluyendo las grandes mortandades.

Por último, debido a la heterogeneidad de los residuos procedentes de la acuicultura, existen algunos que por su naturaleza deberían tratarse dentro de otros planes específicos, como son las algas, fouling y los lodos compuestos por fangos, heces de peces y pienso no ingerido recogidos en las instalaciones de cultivo, que según su catalogación dentro de la lista europea de residuos, se pueden englobar según la clasificación encontrada en el PIRCAN como Residuos Ganaderos y Agrícolas (Tabla IV).

Debido al factor de insularidad que afecta a la comunidad autónoma de Canarias, no existen apenas posibilidades de reciclaje o valorización energética de estos residuos, ni por

parte de la administración pública, ni por sectores privados y mucho menos por las empresas acuícolas. Las alternativas de gestión para cada tipo de residuo generado en las instalaciones de acuicultura, vienen dadas en función de las características de los mismos, de los modelos de gestión de residuos existentes en Canarias y de la normativa aplicable. La gestión de estos residuos se realiza a través de transportistas o gestores autorizados, que adquieran la titularidad de los mismos, asegurándose siempre que realizan la gestión adecuada en cada caso. Además, como la mayoría de las empresas acuícolas en Canarias, son de pequeño tamaño, también se van a nombrar alternativas de gestión, dentro del circuito de residuos urbanos o mediante el uso de los puntos limpios más cercanos a sus instalaciones.

Tabla IV.- Modelo de gestión de residuos para Canarias.

Residuos	Gestión
Plásticos	Depósito en contenedores municipales no selectivos Reutilización interna
Papel y cartón	Depósito en contenedores municipales selectivos
Madera	Reutilización interna por la propia empresa Eliminación
Metal y chatarra	Depósito en puntos limpios o entrega a gestor autorizado
Vidrio	Depósito en contenedor municipal selectivo
Residuos peligrosos (aceites minerales, baterías, fluorescentes, productos químicos laboratorio y residuos sanitarios de distintas clases)	Gestores debidamente autorizados
Animales no comercializados (Categoría 3)	Depósito en vertederos a través de gestores autorizados Consumo humano
Animales muertos por causas físicas (Categoría 2)	Depósito en vertedero mediante gestor autorizado o depósito en contenedores municipales.
Animales muertos por enfermedad (Categoría 2)	Depósito en vertedero, mediante gestor autorizado o depósito en contenedores municipales.
Lodos	Gestor autorizado o vertido
Algas y fouling	Depósito en vertedero Eliminadas al mar

Factores legales condicionantes

Nuestro país cuenta con un cuerpo normativo en esta materia, que se ha completado en el año 1998, con la promulgación de la Ley 10/1998 de 21 de abril, de Residuos, que asume una moderna concepción del problema y regula tanto los residuos urbanos, asimilables a urbanos o municipales, como los peligrosos. Esta ley pretende incentivar la reducción en origen y dar prioridad a su reutilización, reciclado y valorización sobre otras técnicas de tratamiento.

En esta ley 10/1998 de Residuos, artículos 5 y 6, se establece además la obligación de elaborar y aprobar Planes Nacionales de Residuos, que se confeccionarán por integración de los respectivos Planes Autonómicos. Estos Planes sirven para mejorar la gestión de todos los residuos generados en España y estimular a las distintas administraciones y agentes involucrados hacia el logro de objetivos ecológicos ambiciosos y dar cumplimiento a la normativa legal vigente. En ellos deben figurar objetivos de reducción, reutilización, reciclaje, otras formas de valorización y eliminación, así como los medios para conseguirlos, el sistema de financiación y el procedimiento de revisión.

La normativa en materia de residuos que afecta a la acuicultura canaria, teniendo en cuenta los tres niveles administrativos: europeo, estatal, autonómico, es la siguiente:

1. Normativa aplicable a los residuos urbanos y asimilables a urbanos.

- Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006
- Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, relativa a los residuos.
- Decisión 2003/33 CE del Consejo, de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE.
- Reglamento de la Comisión (CE) nº 2557/2001, de 28 de diciembre de 2001, por el que se modifica el anexo V del Reglamento (CEE) nº 259/93 del Consejo, de 1 de febrero de 1993, relativo a la vigilancia y control de los traslados de residuos en el interior, a la entrada y a la salida de la Unión Europea.
- Decisión 2001/573/CE del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos.
- Decisión 2001/118 CE de la Comisión, de 16 de enero de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532 CE en lo relativo a la lista de residuos Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.
- Corrección de errores de la Directiva 2000/76/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.
- Decisión de la Comisión 2000/532/CE, de 3 de mayo de 2000.
- Directiva 1999/31/CE del Consejo, de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos.
- Resolución 97/C76/01 del Consejo de 24 de febrero de 1997 sobre una estrategia comunitaria de gestión de residuos.
- Directiva 96/59/CE del Consejo de 16 de septiembre de 1996 relativa a la eliminación de los policlorobifenilos y de los policloroterfenilos (PCB/PCT).
- Decisión 96/350/CE de la Comisión de 24 de mayo de 1996, por la que se adaptan los anexos

IIA y IIB de la Directiva 75/442/CE del Consejo relativa a los residuos.

- Decisión 94/774/CE de la Comisión de 24 de noviembre de 1994, relativa al modelo de documento de seguimiento contemplado en el Reglamento 259/93/CEE del Consejo relativo a la vigilancia y control de traslado de residuos en el interior, a la entrada y a la salida de la Comunidad Europea.
- Directiva 91/692/CEE del Consejo, de 23 de diciembre de 1991 sobre la normalización y la racionalización de los informes relativos a la aplicación de determinadas directivas referentes al medio ambiente.
- Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en la agricultura.
- Directiva 91/156/CEE del Consejo, de 18 de marzo de 1991, por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos Directiva 75/442/CEE del Consejo de 15 de julio de 1975, relativa a los residuos.
- Borrador del Plan Nacional Integrado de Residuos 2007-2015 Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.
- Corrección de errores del Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.
- Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación y la lista europea de residuos.
- Corrección de errores de la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Decreto 112/2004, de 29 de julio, por el que se regula el procedimiento y requisitos para el otorgamiento de las autorizaciones de gestión de residuos, y se crea el Registro de Gestores de Residuos de Canarias.
- Decreto 41/2004, de 30 de marzo, por el que se acuerda iniciar el procedimiento de elaboración de las Directrices de Ordenación de Residuos.
- Decreto 39/2004, de 30 de marzo, que modifica el Decreto 64/2001, de 5 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Consejo Canario de Residuos.
- Decreto 29/2002, de 25 de marzo, por el que se regula el funcionamiento de las instalaciones denominadas Puntos Limpios.
- Decreto 5/2002, de 28 de enero, por el que se modifica el Decreto 64/2001, de 5 de marzo, que aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Consejo Canario de Residuos.
- Decreto 64/2001, de 5 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Organización y Funcionamiento del Consejo Canario de Residuos.
- Decreto 161/2001, de 30 de julio, por el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de Canarias.
- Decreto 49/2000, de 10 de abril, por el que se determinan las masas de agua afectadas por la contaminación de nitratos de origen agrario y se designan las zonas vulnerables por dicha contaminación.
- Orden de 11 de febrero de 2000, por la que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias

de la Comunidad Autónoma de Canarias.

- Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias.
- Orden de 28 de julio de 1997, por la que se aprueban las condiciones generales por las que se regula el otorgamiento de permisos de ocupación temporal para el uso de contenedores destinados a la recogida de aceites usados de consumo humano.

2. Normativa aplicable a los residuos tóxicos y peligrosos

- Directiva 2004/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de febrero de 2004 por la que se modifica la Directiva 94/62/CE relativa a los envases y residuos de envases.
- Decisión 2001/524/CE de la Comisión de 28 de junio de 2001 relativa a la publicación en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas de las referencias a las normas EN 13428:2000, EN 13429:2000, EN13430:2000, EN13431:2000 y EN13432:2000 en el marco de la Directiva 94/62 relativa a los envases y residuos de envases.
- Decisión 97/129/CE, de la Comisión, de 28 de enero de 1997, por la que se establece el sistema de identificación de materiales de envase de conformidad con la Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a los envases y residuos de envases.
- Directiva 94/62 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases.
- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases y por el que se modifica el reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.
- Corrección de errores del Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su desarrollo y ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.
- Orden de 12 de junio de 2001 por la que se establecen las condiciones para la no-aplicación a los envases de vidrio de los niveles de concentración de metales pesados establecidos en el artículo 13 de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Orden de 21 de octubre de 1999 por la que se establecen las condiciones de no-aplicación de los niveles de concentración de metales pesados establecidos en el artículo 13 de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, a las cajas y paletas de plástico reutilizables que se utilicen en una cadena cerrada y controlada.
- Resolución de 30 de septiembre de 1998, de la dirección general de tributos, relativa a la aplicación del impuesto sobre el valor añadido a determinadas operaciones efectuadas en el marco de los Sistemas Integrados de Gestión de Envases Usados y Residuos de Envases, regulados por la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases, por las entidades de gestión de los referidos sistemas y por otros agentes económicos.
- Real Decreto 782/1998, de 30 de abril por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Orden de 27 de abril de 1998 por la que se establecen las cantidades individualizadas a cobrar en concepto de depósito y el símbolo identificativo de los envases que se pongan en el mercado a través del sistema de depósito-devolución y retorno regulado en la Ley 11/1997, de 24 de abril de envases y residuos de envases.
- Corrección de errores en la Orden de 27 de abril de 1998 por la que se establecen las cantidades individualizadas a cobrar en concepto de depósito y el símbolo identificativo de los envases que se pongan en el mercado a través del sistema de depósito, devolución y retorno regulado en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases.
- Ley 11/1997 de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

- Orden de 25 de agosto de 1999, por la que se establece la Declaración Anual de Envases de tipo comercial e industrial y su gestión.
- Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias.
- Ley 13/1999, de 17 de noviembre, de modificación de la Disposición Transitoria Quinta de la Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias.
- Ley 5/2000, de 9 de noviembre, por la que se derogan los artículos 34 y 35 de la Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias.
- Directiva 86/278/CEE del Consejo, del 12 de junio de 1986 relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos en la utilización de los lodos de depuradora en agricultura.
- Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Lodos de Depuradoras de Aguas Residuales 2001-2006.
- Orden 1993/26572 de 26 de octubre de 1993 sobre utilización de lodos de depuración en el Sector Agrario.
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.
- Decreto 65/2001, de 5 de marzo, por el que se regula el contenido y funcionamiento del Registro de Productores de Lodos de Depuradoras y del Libro Personal de Registro.
- Directiva 1999/31/CE de 26 de abril de 1999, relativa al vertido de residuos. Consejo de la Unión Europea.
- Tercer borrador del documento de trabajo de Biosólidos. Comisión Europea (Environment DG) 27 de abril de 2000.
- Segundo borrador del documento de trabajo en manejo de Residuos Biodegradables.
- Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Resolución de 13 de enero de 2000. Plan Nacional de Residuos Urbanos 2000- 2006. Ministerio de Medio Ambiente.
- Ley 10/1998 de 21 de abril, de residuos.
- Orden de 26 de octubre de 1993, sobre utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre por el que se regula la utilización de lodos de depuración en el sector agrario.
- Directiva 2006/66/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 6 de septiembre de 2006 relativa a las pilas y acumuladores y a los residuos de pilas y acumuladores y por la que se deroga la Directiva 91/157/CE.
- Decisión 2001/573/CE del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos.
- Decisión 2001/119/CE de la Comisión, de 22 de enero de 2001 que modifica la Decisión 2000/532/CE que sustituye a la Decisión 94/3 por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CE del Consejo relativa a los residuos peligrosos.
- Decisión 2001/118/CE de la Comisión, de 16 de enero de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE en lo que se refiere a la lista de residuos.
- Directiva 2000/59/CE del Parlamento Europeo y el Consejo de 27 de noviembre de 2000,

sobre instalaciones portuarias receptoras de desechos generados por buques y de residuos de carga.

- Directiva 98/101/CE de la Comisión de 22 de diciembre de 1998 por la que se adapta al progreso técnico la Directiva 91/157/CEE del Consejo relativa a las pilas y los acumuladores que contenga determinadas materias peligrosas.
- Directiva 94/67/CE del Consejo, de 16 de diciembre de 1994, relativa a la incineración de residuos peligrosos.
- Directiva 94/31/CE del Consejo, de 27 de junio de 1994 por la que se modifica la Directiva 91/689/CEE relativa a residuos peligrosos.
- Directiva 91/689/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a los residuos peligrosos.
- Directiva 78/319/CEE de 20 de marzo, relativa a los residuos tóxicos y peligrosos.
- Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Orden de 27 de octubre de 2000, por la que se modifican el anejo 1 del Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas, y el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.
- Resolución de 25 de noviembre de 1999, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se dispone la publicación del acuerdo de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente de 22 de noviembre de 1999, por el que se da conformidad al Programa Nacional de Pilas y Baterías Usadas.
- Ley 10/1998, de 21 de abril de Residuos.
- Real Decreto 1217/1997, de 18 de julio, sobre incineración de residuos peligrosos.
- Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio.
- Real Decreto 45/1996, de 19 de enero, por el que se regula diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas.
- Real Decreto 438/1994 por el que se regulan las instalaciones de recepción de residuos oleosos procedentes de buques, en cumplimiento del Convenio Internacional MARPOL 73/78.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos.
- Orden de 29 de diciembre de 2000, por la que se crea el anexo relativo al registro de pequeños productores de residuos peligrosos de origen sanitario, incluido en el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos generados en las Islas Canarias.
- Ley 1/1999, de 29 de enero, de Residuos de Canarias.
- Orden de 14 de mayo de 1996, por la que se regula el Libro Personal de Registro para Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos en Canarias.
- Decreto 51/1995, de 24 de marzo, por el que se regula el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos generados en las Islas Canarias.
- Directiva 87/101/CEE del Consejo, de 22 de diciembre de 1986.
- Directiva 75/439/CEE del Consejo de 16 de junio de 1975 relativa a la gestión de aceites usados
- Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.

- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.
- Orden 13 de junio de 1990, por la que se modifica la Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la gestión de aceites usados.
- Orden de 28 de febrero de 1989, por la que se regula la gestión de los aceites usados.
- Decreto 104/2002, de 26 de julio, de Ordenación de la Gestión de Residuos Sanitarios.
- Orden de 29 de diciembre de 2000, por la que se crea el anexo relativo al registro de pequeños productores de residuos peligrosos de origen sanitario, incluido en el Registro de Pequeños Productores de Residuos Tóxicos y Peligrosos generados en las Islas Canarias.

3. Normativa aplicable a subproductos animales no destinados al consumo humano.

- Reglamento 1678/2006/CE de la Comisión, de 14 de noviembre de 2006, por el que se modifica el Reglamento 92/2005/CE en lo que se refiere a métodos alternativos de eliminación y utilización de subproductos animales.
- Reglamento 1013/2006/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006 relativo a los traslados de residuos.
- Reglamento 2067/2005/CE de la Comisión, de 16 de diciembre de 2005, por el que se modifica el Reglamento 92/2005/CE en lo que se refiere a métodos alternativos de eliminación y utilización de subproductos animales.
- Reglamento 93/2005 de la Comisión, de 19 de enero de 2005, por el que se modifica el Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, en lo relativo al procesado de subproductos animales procedentes del pescado y a los documentos comerciales para el transporte de subproductos animales.
- Reglamento 92/2005/CE de la Comisión, de 19 de enero de 2005, por el que se aplica el Reglamento 1774/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, en lo que se refiere a los métodos de eliminación o a la utilización de subproductos animales y se modifica el anexo VI en lo concerniente a la transformación en biogás y la transformación de grasas extraídas.
- Reglamento 12/2005/CE de la Comisión, de 6 de enero de 2005, por el que se modifican los Reglamentos 809/2003/CE y 810/2003 en lo relativo a la validez de las medidas transitorias para las instalaciones de compostaje y biogás contempladas en el Reglamento 1774/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Decisión 2005/14/CE, de 6 de enero de 2005, de la Comisión, por la que se modifica la Decisión 2003/329/CE en cuanto a la prórroga de las medidas transitorias, con arreglo al Reglamento 1774/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas al proceso de tratamiento térmico del estiércol.
- Reglamento 878/2004/CE de la Comisión, de 29 de abril de 2004, por el que se establecen medidas transitorias con arreglo al Reglamento 1774/2002/CE en relación con determinados subproductos animales clasificados como materiales de las categorías 1 y 2 destinados a usos técnicos.
- Reglamento 780/2004 de la Comisión, de 26 de abril de 2004, sobre medidas transitorias, con arreglo al Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas a la importación y el tránsito a algunos productos de determinados terceros países.
- Reglamento 668/2004 de la Comisión, de 10 de marzo de 2004, por el que se modifican algunos anexos del Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, por lo que respecta a la importación de subproductos animales a terceros países.
- Reglamento 446/2004 de la Comisión, de 10 de marzo de 2004, por el que se derogan algunas Decisiones relativas a subproductos animales.
- Reglamento 813/2003/CE de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, sobre medidas transitorias,

con arreglo al Reglamento 1774/2002/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo relativas a la recogida, el transporte y la eliminación de antiguos alimentos.

- Reglamento 811/2003/CE de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, por el que se aplican las disposiciones del Reglamento 1774/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativas a la prohibición del reciclado dentro de la misma especie en el caso de los peces al enterramiento y la incineración de subproductos animales y a determinadas medidas transitorias.
- Reglamento 810/2003 de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, sobre medidas transitorias, con arreglo al Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas a las normas de transformación de material de la categoría 3 y estiércol en las plantas de compostaje.
- Reglamento 809/2003 de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, sobre medidas transitorias, con arreglo al Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas a las normas de transformación de material de la categoría 3 y estiércol en las plantas de compostaje.
- Decisión 2003/326/CE de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, sobre medidas transitorias, con arreglo al Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas a la separación de las plantas oleoquímicas de las categorías 2 y 3.
- Decisión de 2003/329/CE de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, sobre medidas transitorias, con arreglo al Reglamento (CE) no 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas al proceso de tratamiento térmico del estiércol.
- Decisión 2003/325/CE de la Comisión, de 12 de mayo de 2003, sobre medidas transitorias, con arreglo al Reglamento 1774/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativas a la separación de las plantas de transformación de las categorías 1, 2 y 3.
- Directiva 2002/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2002, por la que se modifican las Directivas 90/425/CEE y 92/118/CEE en lo que respecta a las condiciones sanitarias de los subproductos animales.
- Reglamento 1774/2002/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 3 de octubre de 2002, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.

Conclusiones

Diagnóstico de residuos de la acuicultura en Canarias

La mayoría de las empresas acuícolas que operan actualmente en Canarias, centran su actividad en el cultivo de peces y moluscos en jaulas flotantes, situadas en el litoral canario, ya que la opción de cultivos en plantas terrestres no resulta tan rentable, debido a los elevados costes que suponen el bombeo y la oxigenación de los grandes volúmenes de agua que requieren.

En la actualidad existen 33 empresas dedicadas al cultivo de dorada y lubina, distribuidas en Gran Canaria, Tenerife, La Palma y Lanzarote, y una planta de cultivo que se dedica al preengorde y engorde de dorada y lubina en tanques en tierra.

El conjunto de estas instalaciones generaron más de 400 toneladas de residuos generales y subproductos animales y, ya que la producción en el año 2007 se incrementó en un 80%, se espera que haya ocurrido lo mismo con la generación de residuos (Tabla V).

Por otra parte los sistemas de cultivo empleados se centran en el preengorde y, mayoritariamente, en el engorde de estas especies en régimen intensivo. En los próximos años se ampliará la oferta productiva en Canarias en cuanto a sistemas de cultivo y especies. En este sentido se pondrá en marcha un criadero de dorada y lubina, que reforzará la actividad acuícola en esta comunidad.

Tabla V.- Residuos generados por la actividad acuícola en Canarias.

Tipo de residuos generales	Toneladas producidas
Plásticos	73,01
Papel y cartón	1,33
Madera	170,02
Metal y chatarra	12,12
Vidrio	0,5
Residuos peligrosos	3,77
Subproductos animales no destinados a consumo humano (categoría 2)	85,63
Subproductos animales no destinados a consumo humano (categoría 3)	70,3
Lodos	11,4
Fouling	4,21
Algas	1,9

La mayoría de estos residuos van a parar a los vertederos municipales, cuyo destino final es el enterramiento, junto con el resto de los residuos urbanos. Además, no son segregados en origen, reduciendo cualquier posibilidad de valorización de los mismos e impidiendo que en algunos casos cumplan con la normativa vigente.

Existen alternativas de gestión de residuos generales como plásticos, papel y cartón, madera, metal y chatarra, bien asentadas en Canarias, a las que deben acogerse estas empresas como productores de estos residuos.

En cambio, para los subproductos originados por esta actividad, no hay en estos momentos la infraestructura necesaria para llevar a cabo una adecuada gestión. Hay que esperar a que en los próximos años, la administración pública de esta comunidad, ponga en marcha plantas de tratamiento que permitan aprovechar estos residuos y darles una adecuada gestión.

Referencias

- AZTI Tecnalia. *Aplicación de Técnicas de Minimización y Tratamiento de Residuos a Plantas Transformadoras de la Acuicultura Continental en España*. Secretaría General de Pesca Marítima. M. A. P. A. 2005.
- Baez Acosta A., Canaest Consultores S.L. *Manual de cultivos marinos en Canarias*. Edición 1ª ACEAC 2003. 120 p. ISBN: 84-607-8432-0.
- Bueno M.J., Hernando M.D., Peñuela N. y R. Fernández-Alba A. Control de calidad ambiental y de producción en piscifactorías: Aplicación de muestreadotes pasivos para la detección de residuos orgánicos (antibióticos, pesticidas, herbicidas, alguicidas) e inorgánicos. *Libro Resumen Tomo I del X Congreso Nacional de Acuicultura*. Gandía (Valencia). 2005. Ed. UPV 96-97 p
- Consejería de Medio Ambiente y Aguas del Cabildo de Gran Canaria. Plan Director de Residuos Sólidos Urbanos de Gran Canaria. 77 p
- Consejería de Naturaleza y Medio Ambiente del Cabildo de Tenerife. Plan Territorial Especial de Ordenación de Residuos de la isla de Tenerife.
- Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Canarias. Memoria General del Plan Integral de Residuos de Canarias (PIRCAN) 2000-2006. 372 p
- FROM. Guía de Buenas Prácticas del sector de la Acuicultura Marina. Proyecto piloto para “La Mejora de la Calidad de los productos de los Cultivos Marinos”, financiado por el Fondo de regulación y Organización del Mercado de los Productos de la Pesca y Cultivos Marinos. 49 p. ISBN: 251-05-003-5
- Guerrero S., Santos I. y Outón M.J. Uso de subproductos procedentes de conchas de bivalvos en Galicia. *Libro Resumen Tomo I del X Congreso Nacional de Acuicultura*. Gandía (Valencia). 2005. Ed. UPV 120-121 p
- Guerrero S., Santos I. y Outón M.J. Caracterización y cuantificación de los residuos generados por la actividad acuícola en Galicia. *VII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Isla de la Toja (Pontevedra) 2005. Ed. Asoc. Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. 185-191 p.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Interacción entre la Acuicultura y el Medio Ambiente. Guía Para el Desarrollo Sostenible de la Acuicultura Mediterránea. 2007.
- Miranda M., Santamaría I., Casal J., Ruiz A., Guerra A. Aprovechamiento de Aguas Residuales de una Piscifactoría de Rodaballo en Galicia para el Engorde de Moluscos Bivalvos. *VII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Isla de la Toja (Pontevedra) 2005. Ed. Asoc. Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. 181-184 p.
- OPMEGA y CRDO Mexillón de Galicia. Proyecto Gestinmer: Sistema para la Gestión Integral de los Residuos de los Cultivos de Mejillón en Bateas y Líneas Centro

Tecnológico del Mar. Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos. *VII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Isla de la Toja (Pontevedra) 2005. Ed. Asoc. Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. 193-197 p.

Pérez Martín, R.I. Valoración de Subproductos y Residuos de la Pesca: Lonxa de Vigo. *VII Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas*. Isla de la Toja (Pontevedra) 2005. Ed. Asoc. Cultural do Foro dos Recursos Mariños e a Acuicultura das Rías Galegas. 165-170 p.

Santos I.S., Guerrero S. y Outón M.J. Residuos del Cultivo de rodaballo (*Psetta maxima*) en Galicia. *Libro Resumen Tomo I del X Congreso Nacional de Acuicultura*. Gandía (Valencia). 2005. Ed. UPV 138-139 p

Proceso productivo para la obtención de jaiba de concha suave en un sistema cerrado

Chan V.T.

Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No. 29, Avenida Central Poniente No 19 Col. Puerto Pesquero, Ciudad del Carmen, Campeche, México, tomas 4714@hotmail.com

Introducción

Las jaibas mudan o cambian de caparazón por tres razones específicas que son: crecimiento, reproducción y regeneración de alguna parte de su cuerpo, etapas que son aprovechadas para producir jaibas de caparazones blandos.

La obtención de Jaiba suave se inicia aproximadamente a mediados del siglo XIX en Estados Unidos de América y la biotecnología para obtener este producto se basa en la fisiología de la jaiba mediante el proceso de la ecdisis y de contenedores mismos que han evolucionado conforme a la demanda de este recurso pesquero.

La importancia de la captura de este crustáceo en México ha creado toda una cultura en el desarrollo técnico, lo cuales permiten optimizar y ofrecer una variedad en la presentación del producto final en el mercado nacional y extranjero.

Variaciones en las características biológicas y fisiológicas que presentan estos organismos hizo que se desarrollara la tecnología para la producción de jaiba de concha suave o *soft Shell crab* como se nombra en Estados Unidos y el conocer su ciclo de vida es fundamental en el proceso, tomando en consideración parámetros físico-químicos como la temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y concentración de nitritos.

En Ciudad del Carmen, Campeche se empezó a producir jaiba suave a partir de 1993 cuando inversionistas mexicanos contrataron especialistas del Este de Estados Unidos específicamente del Condado de Louisiana.

La producción de jaiba suave en el Golfo de México surge como una alternativa al sector pesquero y acuícola para darle un valor agregado a uno de los recursos que se explota en cantidades considerables en ambos litorales del país. El Centro de Estudios Tecnológicos del Mar No 29 en Ciudad del Carmen, Campeche, México, preocupado en la preparación de nuevos profesionistas con una visión emprendedora, adopta desde febrero del 2004 la producción de jaiba suave con gran éxito a nivel local y nacional.

Proceso de obtención de la jaiba con concha blanda

La jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) es la especie con la que se ha trabajado, siendo el sistema de producción cerrado ya que se mantiene el agua de buena calidad y se manipulan parámetros importantes como oxigenación, temperatura y salinidad. Para ello se ha utilizado un filtro biológico compuesto por un tanque de plástico con capacidad de 1100 L de agua, costales con plástico cortado y piedras pequeñas dentro, lo cual sirve para que se adhieran colonias de bacterias benéficas que desdoblán el amoníaco que es nocivo para las jaibas.

Para el proceso los organismos han sido adquiridos en el campo pesquero denominado Bahamita ubicado a 18 km al noreste de ciudad del Carmen, Campeche, México, donde arriban al menos 20 pescadores de jaibas utilizando trampas o nasas fabricadas de alambre galvanizado forrado de polivinilo. Estas personas seleccionan los organismos que presentan características de muda y las colocan en contenedores de plástico con pequeñas ramas para que no se lastimen y se puedan desangrar y morir. Los organismos llegan a puerto totalmente vivos por lo que se revisa uno a la vez, y se colocan en contenedores diferentes y cuando llegan al laboratorio se distribuyen de la siguiente manera dependiendo del grado de avance en la muda y de las características presentadas en las aletas natatorias:

Dos líneas (Fig. 1): presentan dos líneas en el contorno de la aleta natatoria y es la primera etapa que se maneja en el proceso y para alcanzar la muda se requiere esperar un lapso entre 5 a 7 días en temperaturas de 25 a 30°C, cuando la temperatura es menor que 25°C, el proceso se retarda hasta dos días más, los organismos que se encuentran en esta etapa se revisan cada dos días para ver el avance a la próxima etapa, cuando el organismo es separado y colocado en otra tina donde se localizan las que presentan línea roja.

Línea roja (Fig. 2): aparece la coloración roja en las patas natatorias y es la etapa posterior a las dos líneas, son revisadas cada 12 h en la parte posterior de las espinas laterales donde aparece una ruptura del caparazón en ambos lados, de la misma manera son colocadas en una tina específica.

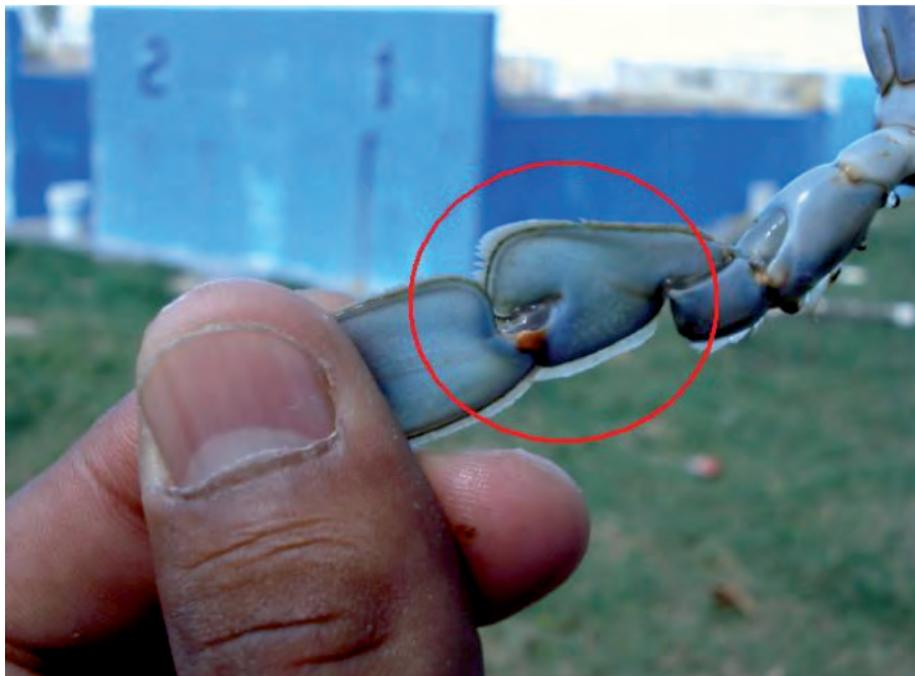


Figura 1.- Jaiba premuda, en etapa de dos líneas.



Figura 2.- Jaiba premuda, en etapa de línea roja.

Caparazón roto: (Fig. 3): aparecen las rupturas en los laterales debajo de las espinas del caparazón y están en constante vigilancia ya que en esta etapa empiezan a realizar el cambio del exoesqueleto.



Figura 3.- Jaiba en etapa de concha rota.

Muda: en esta etapa el organismo ya abandono el viejo caparazón y se esperan 3 horas para que se hidrate.

Empaque: después que la jaiba se hidrato y creció un 33% en comparación al tamaño que presenta antes de mudar son cubiertas con plástico de manera individual y colocada en cajitas aceradas tipo marquetas conteniendo un kg de producto (Fig. 4).



Figura 4.- Jaibas suaves listas para empaacar.

Este proceso de producción se realiza en el Estado de Veracruz de manera rústica ya que los pescadores mismos esperan a que muden y es que los colocan en costales en partes de baja profundidad y zonas de manglares, lo que indica que no tienen un control de la calidad del agua en donde se lleva a cabo la muda. En el litoral del Pacífico mexicano se han realizados estudios para llevar a cabo la obtención de jaiba suave pero hasta la fecha no se han logrado producciones importantes. Sin embargo, con el proceso planteado en este estudio, se alcanzan niveles de obtención de productos de jaiba de caparazón blando inducidos, al confinar dichos organismos en tanques con una calidad de agua específica, donde la temperatura es uno de los factores importantes.

Una de las ventajas que presenta este proceso es que durante el estadio de cada organismo en el sistema de producción que no pasa de 7 días en condiciones habituales de la temperatura (25 a 30°C), no requieren alimentación ya que están preparadas biológicamente con una reserva de energía para el cambio de caparazón lo que permite tener una buena calidad de agua.

Tomando en consideración el potencial de las diferentes especies de jaibas existentes en el país, trabajar en la producción de jaiba suave es uno de los pendientes de la industria pesquera en México ya que existe una gran demanda de este producto en Estados Unidos y

sobre todo de la especie del Golfo de México, por lo que se sugiere la capacitación al sector acuícola-pesquero, donde la capacitación e integración a la actividad de mujeres es muy factible.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo que se ha recibido del Lic. Bernardo Salgado Vieyra (2004-2007) y la Dra. Rosa del Carmen Moreno Lastra (2007 a la fecha) directores del CET Mar 29 en diferentes periodos hacia el área de acuicultura para realizar este trabajo que nos ayuda en la preparación de nuestros educandos. Agradezco infinitamente el apoyo y comprensión de mi Esposa Elizabeth y mis hijos Cristian y Braulio.

Bibliografía

- Pesquería de Jaiba (*Callinectes* spp., 1998) en el Pacífico Mexicano: Diagnostico y Propuesta de Regulación. 2-18.
- Palacios Fest., Martha.R. (2002). *La Jaiba Biología y Manejo*. 3-97. México: AGT Editor.
- Secretaría de Pesca.(1994). Biotecnología para el Cultivo de la Jaiba. 9-30.

Obtención de un proceso tecnológico para la producción de jaiba enlatada en aceite vegetal como una alternativa de aprovechamiento en el Estado de Sinaloa, México

Puga^{1,2*} L.D., Salazar³ N.I., Romero³ B.E., Torres¹ H.M.R.

¹Centro Regional de Investigación Pesquera de Bahía Banderas Nayarit.
Dirección General de Investigación en Acuicultura, INAPESCA.
Calle Tortuga No. 1, Cruz de Huanacastle, Bahía de Banderas, Nayarit, México.
C. P. 63732, Tel: (329) 295 56 30.

²Universidad Autónoma de Nayarit
Ciencias Biológicas Agropecuarias. Unidad Académica de Agricultura. Carretera
Tepic-Compostela km 9
C. P. 63780. Xalisco, Nayarit, México Tel: (311) 211 24 78
dagoberto.puga@inapesca.sagarpa.gob.mx/ dapuga@hotmail.com

³Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán
Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte, INAPESCA
Calzada Sábalo Cerritos S/N, Estero El Yugo C. P. 82010. Mazatlán, Sinaloa. México.
Tel: (669) 988 12 55 y 988 12 56.

Resumen

Considerando que el recurso jaiba es uno de los principales recursos pesqueros en el estado de Sinaloa cuando la captura del camarón es prohibida y que además presenta características nutricionales elevadas y apreciadas. Este proyecto se realizó en el 2007 capturando 691 jaibas de la especie *Callinectes bellicosus* con “aros jaiberos” en dos campos pesqueros (El Tortugo, Guasave y La Reforma, Angostura). El objetivo consistió en obtener un proceso tecnológico para la producción de jaiba *C. bellicosus* enlatada en aceite vegetal como una nueva alternativa de aprovechamiento para el estado de Sinaloa, analizando la calidad de la carne mediante análisis bromatológicos, físicos, químicos y microbiológicos. Después de la captura, las jaibas fueron llevadas a una planta donde se les sustrajo el caparazón y las vísceras y se cocieron en agua con sal a 100° C por 20 min. Después del cocimiento, las jaibas

fueron descarnadas manualmente, obteniéndose 53.21 kilogramos de carne con un 22% de rendimiento en plantas y 17,96% en el laboratorio, que fue congelada a -18 °C para posteriormente analizar su calidad. Los bromatológicos dieron un 19,2% de proteína y 1,17% de lípidos. Se realizaron los análisis microbiológicos de la carne de jaiba. Posteriormente, en una planta industrial de Mazatlán se llevaron a cabo cuatro formulaciones con carne blanca, negra y pinza eligiendo la Formulación 3 de acuerdo a las evaluaciones realizadas considerando el color, olor, sabor y textura de la carne y del aceite vegetal. Al final la carne blanca y negra fue enlatada con un peso de 120 gr y 45 ml de aceite vegetal de soya por lata. Finalizado el enlatado se realizaron análisis fisicoquímicos: peso neto, peso drenado, vacío, volumen de aceite. Se concluyó que la carne de jaiba enlatada es un producto atractivo dado su alto valor proteico y su bajo contenido de lípidos siendo una buena alternativa de aprovechamiento.

Palabras clave

Jaiba, aceite vegetal, Sinaloa

Introducción

En el Pacífico Mexicano se realiza la pesca artesanal de jaiba mediante el uso de trampas denominadas por los pescadores como “aros jaiberos” y se realiza principalmente como una pesquería alternativa cuando se encuentra prohibida la extracción de camarón. Generalmente las especies que se capturan son: *Callinectes bellicosus* (Stimpson, 1859), *C. arcuatus* (Ordway, 1863) y *Callinectes toxotes* (Ordway, 1863). Presentan una distribución geográfica diversa y comparten hábitats en sistemas lagunarios, en la ribera de los mismos y en la zona marina costera (Ramírez-Félix *et al.*, 2003). Estas se caracterizan por presentar un caparazón ancho, aplanado dorsalmente (Hendrickx, 1995), y son nombrados como “cangrejos nadadores” por tener los últimos dos segmentos del último par de patas una forma aplanada, que les permite desplazarse nadando (Brusca, 1980). Lo anterior determina a estas especies como un recurso de gran importancia desde el punto de vista económico y nutricional ya que presentan un gran valor nutritivo y alta potencialidad comercial, teniendo una gran aceptación por los consumidores en los mercados locales, nacionales e internacionales.

Esta gran importancia ha dado lugar, a que el estado de Sinaloa se encuentre entre los principales productores, contribuyendo con el 46% de las capturas, la cual se destina al consumo humano directo y su destino es tanto nacional como de exportación. Los principales mercados para su venta son Sinaloa, Jalisco y el Distrito Federal. Su presentación para el consumidor es entera fresca congelada, en algunas ocasiones se ha comercializado como entera enhielada, entera cocida congelada, entera fresca y cocida descarnada (solo pulpa) (Singh-

Cabanillas y Salazar, 2003). Aunque también existe el mercado de exportación utilizando una selección de carne que conforma las diferentes partes anatómicas del cuerpo (caparazón, patas y pinzas), contando con una planta procesadora de jaiba en el estado de Sinaloa, la cual opera regularmente y procesa gran parte de la producción del norte del estado. En el 2001 se obtuvieron registros oficiales que indicaban que existe una planta industrial en cada zona cercana a los principales lugares de captura que se dedican principalmente al proceso y comercialización de jaiba (Molina-Ocampo, 2001). En este sentido y considerando que el recurso jaiba representa una gran importancia comercial para el estado de Sinaloa en donde ya existe una industrialización de enlatado de estas especies, este trabajo se realizó con la finalidad de aportar una nueva alternativa de aprovechamiento mediante un proceso tecnológico para la producción de jaiba *C. bellicosus* enlatada en aceite vegetal. Considerando lo anterior este estudio se realizó con la finalidad de obtener un proceso tecnológico para la producción de jaiba *C. bellicosus* enlatada en aceite vegetal como una nueva alternativa de aprovechamiento para el estado de Sinaloa. Así mismo, se analizó la calidad de la carne de jaiba *C. bellicosus* mediante análisis bromatológicos, físicos, químicos y microbiológicos.

Metodología

El presente trabajo se llevó a cabo durante abril, junio, julio, septiembre y diciembre del 2007. Durante este periodo se realizaron capturas de jaiba *C. bellicosus* en los campos pesqueros El Tortugo localizado en la Bahía de Navachiste, Guasave Sinaloa y La Reforma situado en la Bahía de Santa María La Reforma, Angostura, Sinaloa. Las capturas se realizaron en ambos campos utilizando “aros jaiberos” (Fig. 1). Posteriormente las jaibas enteras (materia prima) fueron llevadas a las plantas descarnadoras ubicadas en ambos campos pesqueros (una en El Tortugo y otra en La Reforma) para la extracción de la carne. En la figura 2 se muestra el diagrama de flujo de los procesos clasificados como Proceso 1: (actividades en campo) y Proceso 2: (industrialización). Para esto, las jaibas fueron agregadas a una mesa de acero inoxidable donde se clasificaron por tamaños, se registró el peso y fueron “desca-parachadas” (desprendimiento del caparazón y retiro de vísceras), lavadas con agua potable a presión para retirar los restos de vísceras. Posteriormente fueron cocidas (agua potable con sal) en una hoya de presión a 100 °C por 20 min, dejándolas enfriar a temperatura ambiente. La extracción de la carne se realizó manualmente con la ayuda de cuchillos con punta redonda de acero inoxidable prefabricados, clasificando la carne en tres presentaciones: carne blanca de los pectorales (desmenuzado), carne negra del antebrazo de pinza (trozo grande) y carne con pinza (pinza).



Figura 1.- Arte de pesca denominado por los pescadores como “Aro jaibero” utilizado para la captura de jaiba.

Después de la extracción de la carne, cada presentación se colocó en un recipiente plástico (jaba) y se revisó minuciosamente, eliminando cualquier hueso (proceso de limpieza). La carne fue empacada en bolsas de 1,0 y 0,5 kilogramos y se llevaron a una cámara frigorífica para su congelación a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. El proceso 2 -industrialización (Fig. 2) consistió en enlatar la carne (pulpa de jaiba) en envase metálico galvanizado de tamaño 307 x 109 de tipo *abre fácil* en una planta industrial ubicada en Mazatlán, Sinaloa. Es importante señalar que antes de iniciar el enlate final se realizaron pruebas de enlate (cuatro formulaciones) con la finalidad de elegir el producto adecuado calificando cada formulación como buena, regular y mala contemplando los atributos olor, color, sabor y textura con un grupo de consumidores no entrenados. Después de elegir la mejor formulación se procedió a realizar el enlate final. En todos los casos el llenado de las latas se realizó manualmente, dosificando 120 gramos de carne de jaiba por lata. Una vez llenas se llevaron a la línea de producción y se colocaron en la tolva dosificadora donde se les adicionó 45 ml el aceite vegetal (soya) calentado previamente $90\text{ }^{\circ}\text{C}$. En la misma banda transportadora (*exhauster*), se descargaron a una máquina cerradora (engargoladota) cerrando las latas herméticamente mediante dos operaciones, antes del cerrado a la lata se le inyectó vapor con la misma máquina cerradora para mantener el vacío en la lata. En la misma línea las latas fueron trasladadas al área de lavado donde se les eliminó el aceite adherido a la lata. El proceso de esterilizado se llevó a acabo en autoclaves

horizontales por un periodo de 90 min a 15 libras de presión. Una vez efectuado el proceso de esterilizado, el producto se colocó en el área de producto terminado para su enfriamiento a temperatura ambiente. Posteriormente las latas fueron encartonadas y llevadas al laboratorio para las pruebas correspondientes.

En el laboratorio se realizaron los análisis correspondientes con el fin de evaluar la calidad de la carne de jaiba. Estos análisis consistieron en determinar el % de rendimiento y recuperación de carne de jaiba, para esto en cada uno de los campos pesqueros donde se realizaron las capturas (El Tortugo y La Reforma) se colectaron algunos ejemplares y se almacenaron en una cámara donde se mantuvieron en congelación a -18 °C. Al terminar los muestreos (abril, junio, julio, septiembre y diciembre del 2007) las jaibas fueron descongeladas (por 5 h aproximadamente y recambios de agua cada 20), “descaparachadas” (desprendimiento de caparazón y retiro de vísceras), cocidas (a temperatura de 100 °C y un tiempo de 10 min en agua con salmuera al 5%), almacenamiento en refrigeración (12 h entre 4 a 6 °C), extracción de la carne manual y registro del peso y evaluación.

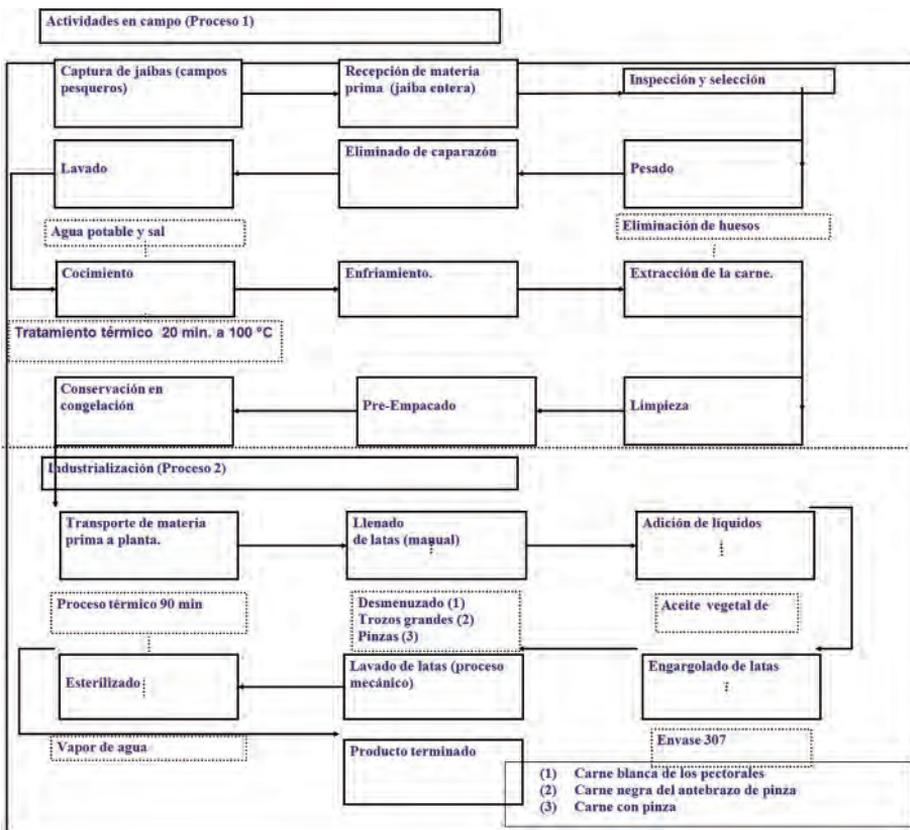


Figura 2.- Diagrama de flujo del proceso tecnológico para la producción de jaiba enlatada en aceite vegetal.

Asimismo a la carne de jaiba (muestras de carne blanca) antes de enlatarla se le realizaron los análisis químicos: (% de sal); bromatológicos: (humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y valor energético) mediante los métodos establecidos en el AOAC, 2006, y microbiológicos (coliformes fecales y totales con el método NMP). Después del enlatado se realizaron los análisis fisicoquímicos (peso neto, peso drenado, vacío, volumen de aceite, acidez (expresado en ácido oleico) y por último los análisis sensoriales de producto terminado (color, olor, sabor y textura de la carne y del líquido de cobertura (aceite)).

Resultados

En total se capturaron 691 jaibas de la especie *C. bellicosus* en ambos campos pesqueros (El Tortugo y La Reforma), con un peso promedio de 285 g obteniéndose 53,21 kilogramos de carne de las tres presentaciones: carne blanca de los pectorales (desmenuzado), carne negra del antebrazo de pinza (trozo grande) y carne con pinza (pinza). Con respecto a los resultados sobre el rendimiento y la recuperación de carne (Tabla I) realizado en el laboratorio, se determinó que el 17,96 % corresponde al peso fresco y el 30,95% es para el peso cocido, considerando que el peso inicial fue de 24.220 kg y el peso cocido (jaibas descaparachadas) fue de 14.055 kg de un total de 89 jaibas con un peso promedio de 272,1 g respectivamente. Este resultado (17,96 %) sobrepasa el determinado por Cuan-Kee, (1982) quien obtuvo un 17,3 % cociendo la jaiba a 100 °C por 12 min en agua con salmuera al 5%. Sin embargo, el porcentaje de rendimiento obtenido en las plantas descarnadoras fue de 22,0 %. Esto se debió a que las jaibas fueron procesadas frescas sin pasar por el proceso de congelación, ya que al momento del descongelado éstas pierden gran cantidad de humedad.

Tabla I.- Rendimiento y recuperación de carne blanca y negra de las jaibas frescas colectadas durante todo el periodo de muestreo en Sinaloa.

Parte anatómica de la jaiba	Peso de la carne (Kg)	Rendimiento peso fresco (%)	Rendimiento peso cocido (%)
Caparazón (carne blanca)	2.425	10,01	17,25
Pinzas (carne negra)	1.925	7,95	13,70
Total	4.350	17,96	30,95

En relación al porcentaje de sal de la carne de jaiba obtenida en las plantas descarnadoras fue de 1,70 %, considerando el resultado promedio de cuatro determinaciones. Cabe señalar que la cantidad de sal adicionada al agua durante el cocimiento es de manera empírica por los operarios sin llevar ningún control, sin embargo, por tanta experiencia el producto final presenta un sabor óptimo.

Por otra parte los resultados de los análisis bromatológicos se observan en la Tabla II, los cuales fueron determinados sobre base húmeda. Es importante señalar que estos resultados fueron determinados a la carne de jaiba considerando valores promedios de cuatro determinaciones. El nivel de proteína (19,2 %), lípidos (1,17%) y varios minerales (10,78%) hacen que sus características nutricionales sean muy elevadas. Estos resultados presentan semejanza en cuanto a las características bromatológicas del cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) 16,25 % de proteína y 0,40 % de lípidos y la jaiba mora (*Homalaspis plana*) entre 19,0 a 24,0 % de proteína y 0,0 a 0,6 % de lípidos (Cifuentes y Quiñinao, 2000).

Tabla II.- Análisis bromatológicos realizados a la carne de jaiba *C. bellicosus* capturadas en Sinaloa.

Determinación	Resultado
Humedad	62,2 %
Proteína	19,2 %
Lípidos	1,17 %
Cenizas	10,78 %
Fibra cruda	0 %
Extracto libre de nitrógeno	6,7 %
Valor energético	86,62 Kcal/g

Los análisis microbiológicos (Tabla III) demostraron que para el primer muestreo (19 abril 2007) se obtuvo 2.400 NMP/g de coliformes totales y 14,5 NMP/g de coliformes fecales, siendo éste el número mayor en relación a los otros meses. Es importante señalar que la carne de jaiba procesada en el campo pesquero El Tortugo (21 de junio del 2007) no presentó microorganismos comparándolo con La Reforma.

Tabla III.- Análisis microbiológicos realizados a la carne de jaiba *C. bellicosus* capturadas en Sinaloa.

Fecha de Captura	Campo Pesquero	Coliformes fecales (NMP/g)**	Coliformes totales (NMP/g)*
19 abril 2007	La Reforma	2.400	14,5
21 junio 2007	El Tortugo	0	0
19 julio 2007	La Reforma	93	0
13 septiembre 2007	La Reforma	75	0

Las pruebas de enlate preliminares (Tabla IV) fueron realizadas en la planta industrial efectuando cuatro formulaciones. En todos los casos las formulaciones fueron fabricadas con carne blanca (1A, 2A, 3A y 4A), carne negra (1B, 2B, 3B y 4B) y pinza (1C, 2C, 3C y 4C),

agregándole los insumos tales como: el aceite vegetal y caldo vegetal (Prueba 1), aceite de oliva (Prueba 2), aceite de soya (Prueba 3) y pepino, cebolla y jugo de tomate con almeja (Prueba 4). Esta última prueba se realizó con la finalidad de combinar la carne de la jaiba (carne blanca, carne negra y pinza) con vegetales y jugo de tomate con almeja para darle un color rojizo al producto final. El peso final de la lata fue de 170,0 g en las formulaciones de la 1 a la 3 y de 162,0 g para la formulación 4.

Los mejores resultados obtenidos los presentó la formulación 3 (carne de jaiba con aceite vegetal de soya) dándole un su mayoría un excelente olor, color sabor y textura. Sin embargo las otras formulaciones difirieron en la textura, el color y el olor respectivamente (Tabla V). Para el caso de la formulación 1 el caldo vegetal agregado presentó solidificación en la parte interna de la lata en forma de gelatina. En la formulación 2 la coloración en todos los casos se observó verdosa oscura y en la formulación 4 las latas presentaron abolladuras y deformidades después del proceso de esterilizado. Los vegetales agregados (pepino y cebolla) se observaron desintegrados y decolorados presentando una textura entre mala y regular. Una vez realizadas las evaluaciones y elegido la mejor formulación se procedió a enlatar toda la carne de jaiba (solo carne blanca). Al finalizar el proceso de enlate se realizaron los análisis fisicoquímicos (Tabla VI) los cuales fueron promediados de una muestra de 10 latas.

Tabla IV.-Formulaciones elaboradas a base de carne de jaiba *C. bellicosus* capturadas en Sinaloa combinadas con otros insumos para las pruebas de enlate realizadas en la planta industrial.

No. de Formulación	1			2			3			4		
Código de Formulación	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Insumos / No de latas	2	1	2	2	1	1	2	1	2	3	2	2
Carne blanca (g)	100	---	---	100	---	---	100	---	---	85	---	---
Carne negra (g)	---	100	---	---	100	---	---	100	---	---	85	---
Pinzas (g)	---	---	100	---	---	100	---	---	100	---	---	85
Aceite de soya (mL)	25	25	25	---	---	---	70	70	70	---	---	---
Caldo vegetal (mL)	45	45	45	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Aceite de oliva (mL)	---	---	---	70	70	70	---	---	---	---	---	---
Pepino (g)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	15	15	15
Cebolla (g)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	10	10	10
Jugo de Tomate (mL)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	52	52	52
Total (g)	170	170	170	170	170	170	170	170	170	162	162	162

Tabla V.- Resultados de las evaluaciones realizadas a cada una de las formulaciones elaboradas con carne de jaiba *C. bellicosus* capturadas en el estado de Sinaloa considerando los atributos de olor color, sabor y textura.

Formulaciones	Atributos				Observaciones
	Olor	Color	Sabor	Textura	
1A	B	R	B	M	Caldo vegetal solidificado
1B	B	M	B	B	Mucho aceite en la lata
1C	B	R	B	M	Caldo vegetal solidificado
2A	R	R	E	B	Olor no característico (fuerte)
2B	R	R	B	B	Coloración verde oscura
2C	R	B	B	M	La pinza no absorbe el aceite
3A	E	B	E	E	Carne blanca consistente
3B	E	R	E	E	Coloración oscura
3C	E	B	E	R	La pinza no llena toda la lata
4A	R	R	B	M	No se conservan los vegetales
4B	B	M	B	M	No se conservan los vegetales
4C	B	R	B	R	Textura fibrosa

E= Excelente, B=Bueno(a), R = Regular M = Malo(a)

Tabla VI.-Análisis fisicoquímicos realizados después del enlatado de la jaiba *C. bellicosus* capturadas en el estado de Sinaloa.

Análisis	Resultados
Peso neto (g)	159,45
Contenido neto (g)	124,65
Peso drenado (g)	138,67
Volumen de aceite (ml)	21,7
Vacío (mg/pulg ²)	12,0

El peso del envase (cuerpo y tapa) fue de 34,8 g.

Al final del proceso se utilizaron unas latas (cuatro) para realizar una ensalada de jaiba (Fig. 3) misma que presentó un buen olor característico de la jaiba, un color blanco-amari-llento y un sabor exquisito que combinado con otros ingrediente (tomate, cebolla, mayonesa, galletas o tostadas) conserva su gran sabor, así como su textura fibrosa característico de la carne de jaiba.



Figura 3.- Ensalada de jaiba enlatada en aceite vegetal preparada con vegetales.

Discusión

Una de las ventajas que se tiene con el proceso de enlatado es que la producción industrial no altera la composición nutricional del alimento, en este caso la jaiba enlatada, por lo que mantiene todos sus nutrientes (vitaminas y minerales) intactos. Esto se debe generalmente a que al no darle la luz al contenido de la lata, los nutrientes fotosensibles como son algunas vitaminas no se pierden con el paso del tiempo. Lo anterior determina que el alto valor proteico de la carne de jaiba (19,2% de proteína) se conservará en condiciones óptimas hasta su consumo, por lo tanto aumenta la posibilidad de que ésta sea considerada como un alimento nutritivo y de gran aceptabilidad por los consumidores y su bajo contenido de lípidos (1,17 %) permite tener una baja susceptibilidad a la autooxidación, teniendo una mayor estabilidad durante el almacenamiento y el procesamiento. Sin embargo, este porcentaje de proteína es comparable con el obtenido para otros crustáceos como el camarón (22-23 %) y la langosta (19,7 %) (Cuan- Kee, 1982). Incluso con otras especies de jaibas como la jaiba azul (*C. sapidus*) o cangrejo azul, la cual es la especie de mayor importancia comercial a lo largo de la costa este de Estados Unidos y del Golfo de México (Ruppert y Barnes, 1996), presenta un porcentaje de proteína de 15,9 %, 1,3% de grasa y 1,9% de cenizas (De Dios Naranjo, 2002) y la jaiba limón (*Cancer porteri*), la cual posee un aporte proteico de 15,05%, siendo bajo el aporte de lípidos (0,47%). La humedad de la carne de jaiba limón es 75,3%, el aporte

de cenizas alcanza a 2,5% (Arancibia *et al.*, 2009). Lo anterior coincide con Molina-Ocampo *et al.* (2006) quien menciona que la carne de jaiba es rica en proteínas, así como de varios minerales, lo que hace que sus características nutricionales sean muy elevadas y apreciadas.

En lo referente a los análisis microbiológicos, la carne de jaiba analizada antes del enlatado presentó resultados positivos (Tabla III), quizás esto se debió a que las instalaciones no cumplen con las buenas prácticas de higiene. No obstante, existe la seguridad de que estas bacterias fueron eliminadas por el proceso térmico utilizado. Las pruebas realizadas antes del enlatado final fueron de primordial importancia para decidir cual presentación era mejor.

Conclusiones

El desarrollo de este proceso tecnológico para la producción de jaiba enlatada en aceite vegetal es una buena alternativa como industrialización de este recurso en el estado de Sinaloa, además presenta un valor nutrimental de gran importancia para el consumidor, su sabor es exquisito y se puede preparar de diferentes maneras. Por otro lado, el producto terminado no manifiesta alteración por el proceso térmico, obteniéndose un producto de calidad.

Agradecimientos

Se agradece infinitamente a los pescadores Aurelio García García y a Francisco García Rubio del campo pesquero El Tortugo, así como a los pescadores Fredy Arenas y Jesús María Arenas del campo pesquero La Reforma, por haber participado en la captura de las jaibas. También a Álvaro Angulo Ahumada, Alma Isabel Luque Loreda, Raúl Bojórquez Rubio, Mayra Sánchez Osuna, Adriana Espinoza Mendoza y al Biol Pesq. Ricardo Cázarez García por colaborar en las tareas de procesamiento e industrialización.

Referencias

- AOAC 2006. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition, 2005. Current Through Revision 1, 2006. Editor: William Horwitz, Assistant Editor: George W. Latimer, jr. Gaithersburg, Maryland, USA.
- Arancibia H., Hernández A., Carmona M.A., Concha R. 2009. La pesquería de jaiba limón: una nueva oportunidad para el sector pesquero artesanal. Departamento de Oceanografía. Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas. Universidad de Concepción. Chile 5 pp.
- Brusca R.C. 1980. Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. Univ. Arizona

Press. 2ª. Edition. Tucson. 513.

Cifuentes de la T. A., Quiñinao F. J. 2000. Composición y vida útil de carne cocida de cangrejo dorado (*Chaceon chilensis*) proveniente del archipiélago de Juan Fernández, Chile. *Investig. Mar.*, 2000, Vol. 28, 195-202 pp. ISSN 0717-7178

De Dios-Naranjo C. 2002. Extracción de pigmentos de residuos de cangrejo azul (*Canallectes sapidus*) fermentados y no fermentados. *Tesis de Maestría. Universidad Autonoma Metropolitana*. pp. 111.

Cuan – Kee R.M. 1982. Industrialización y aprovechamiento de la jaiba (*Callinectes spp*) en el estado de Sinaloa. *Tesis, Prof. Inst. Tec.* Culiacan. 47 pp.

Hendrickx M.E. 1995. Cangrejos. 565-636. En: Fisher W., Krupp. W. F., Schneider C., Sommer K., Carpenter E., Niem V. H. (Eds.). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca*. Pacífico centro-oriental. 1 Plantas e invertebrados. FAO. Roma. I. 646 p.

Molina-Ocampo R.E., Márquez-Farías J.F., Ramírez-Félix E. 2006. Jaiba del Golfo de California. pp. 133-154. En: *Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo 2006*. Instituto Nacional de la Pesca-SAGARPA. México 544.

Singh-Cabanillas J., Salazar I. 2003. Informe de comisión abril 2003. Doc. Técnico. SAGARPA. INP. CRIP Mazatlán, Sinaloa. 5 p.

Ramírez-Félix E., Singh-Cabanillas J., Gil-López H.A., Sarmiento-Nafate S., Salazar I., Montemayor G., García-Borbón J. A., Rodríguez-Domínguez G., Castañeda-Lomas N. 2003. *La pesquería de jaiba (Callinectes spp) en el Pacífico Mexicano: Diagnostico y propuesta de regulación*. Ramírez-Félix E., Singh-Cabanillas J. (Eds.). SAGARPA, CONAPESCA, INP, México. 47 p.

Ruppert E., Barnes R. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. 6a ed. México D.F, McGraw Hill. 1115 Pp.

Consideraciones básicas para la selección de especies, sitios y artes para maricultura en el Pacífico mexicano

Villalba¹ L.A.

¹Estrategia Pesquera. Roosevelt 205 Centro Histórico. Mazatlán, Sinaloa, México. CP 82000. avillalba@mzt.megared.net.mx

Resumen

La producción pesquera mundial se ha incrementado de manera constante de 19,3 millones de toneladas en 1950 a 100,0 millones de t en 1989 y a 143,6 millones de t en 2006. En 1950 las capturas marinas representaron el 86% del total de la producción pesquera mundial. Para el 2006, las capturas de peces silvestres, marinos y continentales, representaron solo el 64% de la producción mundial. Durante las últimas dos décadas ha habido un mayor crecimiento de la producción de acuicultura, tanto continental como marina, y la contribución relativa de las pesquerías marinas a la producción pesquera mundial ha ido disminuyendo en favor de la producción acuícola. Parece claro que en un corto a mediano plazo, la demanda de productos pesqueros crecerá a medida que aumenta la población humana y se incrementa su ingreso.

En México durante el 2008 se produjeron 1,75 millones de t de productos pesqueros, solo el 16% fueron producidas por métodos acuícolas y de estas el 46% corresponde a camarón cultivado, que tuvo un valor de \$5.302 millones de pesos y representó el 31% del valor de la producción pesquera nacional y el 74% del valor de la producción acuícola nacional.

Dada la situación pesquera actual y la demanda mundial de productos pesqueros, se presenta la maricultura como una verdadera oportunidad para constituir empresas rentables, que incidan en el mercado mundial de especies pesqueras finas, generando divisas, empleos y productos marinos alimenticios tan necesitados.

A partir de climatologías obtenidas de la base de datos del World Ocean Atlas 2009, se analizó la distribución espacio temporal de las temperaturas del mar para la región del Pacífico mexicano a lo largo de un año. Se desprenden del análisis inicial cinco zonas térmicas, con rasgos de temperatura característicos, que deben de considerarse para hacer la preselección

de especies objetivo y las artes a utilizar en proyectos de maricultura en esta región.

Esta información se comparó con los resultados de seis cruceros realizados a lo largo de un año para demostrar la necesidad de hacer registros directos de campo para poder seleccionar correctamente las especies objetivo, los sitios y las artes de maricultivo que garanticen el éxito del proyecto. De las cinco zonas, se identifica la Zona 4, correspondiente a la Boca del Golfo de California, como la zona con mejores posibilidades de tener una mayor diversificación de especies a cultivar.

Palabras clave

Climatología, World Ocean Atlas, maricultura, Pacífico mexicano.

Introducción

La producción pesquera mundial se ha incrementado de manera constante de 19,3 millones de toneladas (millones de t) en 1950 a 100,0 millones de t en 1989 y a 143,6 millones de t en 2006 (FAO, 2009). La captura de peces marinos representa la mayor contribución a la producción pesquera mundial. En 1950 las capturas marinas fueron 16.7 millones de t y representaron el 86% del total de la producción pesquera mundial. Para 1980 las capturas de peces marinos aumentaron a 62,0 millones de t, representando igualmente el 86% del total de la producción pesquera mundial (FAO, 2005). En el 2006, las capturas de peces silvestres, marinos y continentales, ascendieron a 92,0 millones de t (FAO, 2009) que corresponde al 64% de la producción mundial.

Durante las últimas dos décadas ha habido un mayor crecimiento de la producción de acuicultura, tanto continental como marina, y la contribución relativa de las pesquerías marinas a la producción pesquera mundial ha ido disminuyendo en favor de la producción acuícola.

En el 2006, 51,7 millones de t de productos pesqueros fueron producidos con técnicas de acuicultura, esto representa el 36% de la producción pesquera mundial. La producción acuícola continental fue de 31,6 millones de t, que corresponde al 61% de la producción acuícola mundial y al 22% de la producción pesquera mundial. (FAO, 2009). En ese año, cerca del 77% de la producción pesquera mundial (110,4 millones de toneladas) fue utilizada para el consumo humano directo.

China se mantiene como el principal productor, alcanzando 51,5 Millones de t en el 2006, de las cuales 17,1 millones de t (33%) fueron por capturas silvestres y 34,4 millones

de t (67%) de acuicultura.

La acuicultura sigue siendo el sector productor de alimentos con mayor crecimiento, alcanzando un crecimiento anual promedio de 6,9%. Se espera que sobrepase a las pesquerías silvestres como fuente de alimentos pesqueros. Ha pasado de una producción menor a 1 millón de toneladas a principios de la década de 1950 a 51,7 millones de t con un valores de US\$78,8 billones en el 2006.

Parece claro que en un corto a mediano plazo, la demanda de productos pesqueros crecerá a medida que aumenta la población humana y se incrementa su ingreso. Se proyecta que para el 2015 la producción global de recursos pesqueros será de 183,0 millones de toneladas, con un crecimiento anual de 2,1% en ese periodo. El consumo per cápita de productos pesqueros llegaría a 18,4 kg en 2010 y a 19,1 kg en 2015 (FAO, 2004).

En países en desarrollo, entre 2001 y 2015, la captura de peces crecerá 1% al año y la producción de acuicultura en 4,5% al año. La participación de estos países en la producción global pasará de 75% a 81% en 2015.

En México durante el 2008 se produjeron 1,75 millones de t de productos pesqueros, con un valor de \$16.884 millones de pesos. De esta producción, solo 0,28 millones de t (16%) fueron producidas por métodos acuícolas pero tuvieron un valor de \$7.149 millones de pesos, correspondiente al 42% del valor total de la producción pesquera mexicana en ese período (CONAPESCA, 2008).

La industria acuícola con mayor desarrollo en México es la del camarón. En 2008 se produjeron 0,13 millones de t de camarón en sistemas controlados, correspondiendo al 46% de la producción acuícola nacional. Esta producción tuvo un valor de \$5.302 millones de pesos y representó el 31% del valor de la producción pesquera nacional y el 74% del valor de la producción acuícola nacional.

De acuerdo a lo mencionado, se presenta la maricultura como una verdadera oportunidad para constituir empresas rentables, que incidan en el mercado mundial de especies pesqueras finas, generando divisas, empleos y productos marinos alimenticios tan necesitados.

El término maricultura, para fines del presente documento, se define como el proceso de producción y engorda de especies de flora y fauna marina en una localidad expuesta a condiciones marinas inalteradas. Se puede subdividir en: 1) maricultura costera y 2) maricultura oceánica.

La maricultura costera se lleva a cabo cuando las artes y procesos de maricultura interactúan con los procesos litorales y continentales. Tal sería el caso de proyectos localizados cercanos a la costa a profundidades menores de 30 m o en lagunas costeras. Estos proyectos

generalmente tendrán interacción con la corriente y el transporte litoral, la circulación costera, los patrones de circulación de la laguna, el bentos y los sedimentos. Además, tendrán influencia de los escurrimientos continentales.

En un proyecto de maricultura oceánica, las artes de maricultura se encuentran en aguas oceánicas inalteradas, fuera de la influencia de los procesos litorales y continentales, sin provocar alteración apreciable en la circulación oceánica, ni en el bentos, ni en los sedimentos.

Dada su naturaleza, el éxito de los proyectos de maricultura dependerá, principalmente, de la correcta selección de las especies objetivo; de una oferta continua de alevines de buena calidad; de la localización del sitio del proyecto de engorda y de la selección de las artes de maricultivo.

Hablando de los peces del Pacífico mexicano, las especies objetivo atractivas para este tipo de proyectos serán aquellas especies nativas, longevas y de tallas grandes, que alcancen crecimientos cercanos a un kilogramo por año y que tengan una demanda importante en los mercados nacionales e internacionales. Algunas especies de atún, jurel, lenguado, pargo, totoaba, corvina y robalo, presentan estas características. Además, una interesante variedad de crustáceos (camarón, jaiba, langosta), moluscos (ostión, almeja, mejillón), algas y otros invertebrados marinos pueden ser especies objetivo en proyectos de maricultura, tanto oceánica como costera.

En consecuencia a lo anterior, habrá que dirigir los esfuerzos para establecer las biotecnias necesarias para la producción comercial de semillas y alevines de estas especies y de cualquier otra que cumpla con las condicionantes básicas arriba mencionadas.

A diferencia de la industria acuícola de camarón, en donde se provee semilla principalmente de una sola especie, misma que es engordada a todo lo largo del litoral mexicano, tanto en el Golfo de México como en el Pacífico y Golfo de California, lo prudente sería contar en un futuro mediano con diversos centros regionales de producción con la capacidad de ofrecer semillas y alevines de las especies propias de su región.

Para definir estas especies regionales, habrá que empatar, entre otras cosas, sus requerimientos físicos y metabólicos con la distribución espacio temporal de algunos parámetros oceanográficos, entre los que destacan la temperatura del mar; la salinidad y el oxígeno disuelto. Además, para el diseño de las artes de maricultura, es necesario considerar la velocidad y dirección de los vientos y las corrientes marinas; las características del oleaje y las mareas y las particularidades del bentos y de los sedimentos.

Conocidas las características oceanográficas regionales, se podrá entonces seleccionar las especies más adecuadas para la zona y establecer los procedimientos para su engorda en jaulas marinas u otras artes de maricultura. Estas artes de maricultura se deberán seleccionar de

acuerdo a las características oceanográficas relevantes y acondicionarse a las especies objetivo.

El documento que aquí se presenta identificó los elementos básicos necesarios para la correcta selección de especies, sitios y artes para maricultura en el Pacífico mexicano. Analizó información oceanográfica para el Pacífico mexicano y el Golfo de California estableciendo algunas características oceanográficas relevantes a escala regional y comparó la distribución vertical de algunos parámetros oceanográficos de escala regional con aquellos de escala local, mostrando la utilidad de aprovechar la información científica existente en la preselección de las especies objetivo y de las artes de maricultura y la necesidad de llevar a cabo un estudio oceanográfico local para caracterizar detalladamente las zonas preseleccionadas y seleccionar las especies, sitios y artes de maricultivo más adecuados.

Metodología

La información oceanográfica para el Pacífico mexicano se obtuvo del World Ocean Atlas 2009 (WOA09), que contiene información sobre temperatura del mar (Locarnini *et al.*, 2010), salinidad (Antonov *et al.*, 2010), oxígeno disuelto, utilización aparente de oxígeno y saturación de oxígeno (García *et al.*, 2010a) y nutrientes inorgánicos disueltos (García *et al.*, 2010b). En específico, se usaron las climatologías mensuales de temperatura del mar, salinidad y oxígeno disuelto.

El término climatología se refiere al promedio de algún parámetro oceanográfico a cierta profundidad estándar obtenido del análisis objetivo de perfiles oceanográficos históricos y de datos de superficie. Un perfil oceanográfico se define como un juego de mediciones a profundidades discretas para un solo parámetro (temperatura, salinidad, etc.) registradas durante el descenso o ascenso del instrumento sobre la columna de agua, estando la embarcación fija ocupando una estación.

La climatología de temperatura y salinidad se obtuvieron del promedio de cinco climatologías que cubrieron una década cada una, de acuerdo a los siguientes períodos: 1955-1964, 1965-1974, 1975-1984, 1985-1994 y 1995-2006. Las climatologías de oxígeno y de nutrientes usan todos los datos disponibles, sin distinción del año de la observación.

Las climatologías mensuales fueron calculadas usando datos del mes respectivo, sin distinción del día del mes en que se hizo la observación. La información ha sido analizada de manera objetiva y presentada en una malla con espaciamiento de 1° en la longitud y 1° en la latitud y a profundidades estándar desde la superficie hasta una profundidad máxima de 5500 m.

Los datos fueron sujetos a un control de calidad exhaustivo, incluyendo la eliminación de duplicados, el chequeo de rangos y gradientes, la estimación de varias medidas estadísti-

cas que tienen que ver con la propagación de errores y la representatividad de los datos, entre otros. Este proceso resultó en el uso de solo datos confiables, asegurando la calidad científica de la información.

El caso de estudio se realizó en la costa central del estado de Sonora entre septiembre 2008 y junio 2009 (Villalba, 2009), cubriendo 120 Km. de costa, entre Punta Hueso de Ballena en las inmediaciones de Bahía Kino y Punta San Antonio, en las inmediaciones de San Carlos Nuevo Guaymas (Fig. 1).



Figura 1.- Localización del caso de estudio en la costa central de Sonora.

Aquí se realizaron dos jornadas de un mes de registro autónomo continuo cada una (octubre 2008 y febrero 2009) y seis cruces oceanográficos a lo largo de un año (septiembre, octubre y diciembre 2008; enero, abril y junio 2009). Se utilizó una sonda marca YSI modelo 6600V2 para registrar la temperatura, salinidad, pH, y oxígeno disuelto del agua, así como la profundidad.

Para los registros autónomos, la sonda se instaló en la localidad llamada El Teléfono (Estación 4), adyacente al poblado El Colorado, localizado aproximadamente a 12 km. al sur de Tastiota, Son. La sonda se colocó a 20,04 m (octubre 2008) y a 24,43 m (febrero 2009) de profundidad y se programó para registrar los parámetros fisicoquímicos mencionados cada

30 minutos a lo largo de las dos jornadas de 30 días cada una.

Durante los 6 cruceros oceanográficos se realizaron lances cada hora hasta por 25 horas en una estación fija. El proceso consistió en bajar lentamente la sonda multiparámetro hasta el fondo, habiendo programado el registro de los parámetros fisicoquímicos cada 6 segundos de manera de obtener el perfil vertical de dichos parámetros.

Se establecieron 3 estaciones de muestreos para cubrir la costa central de Sonora. Sobre alguna de ellas, generalmente la Estación 1 o la Estación 3, se realizaba la variación diurna completa (hasta 25 lances) y sobre las otras dos restantes se realizaba solo una hidrocala al final de la jornada diurna. Esto permitió tener un lance en cada estación con un máximo de dos horas de separación y poder así hacer una comparación entre ellas. La Tabla I muestra las coordenadas de las estaciones de muestreo.

Tabla I.- Localización de las estaciones de muestreo.

Estación	Latitud N	Longitud W	UTM N WGS84	UTM E WGS84
1	28.0147620	111.2725107	3'098,867.552050	473,209.657621
2	28.0438840	111.2960870	3'102,098.989079	470,899.708623
3	28.0727219	111.3205088	3'105,299.638603	468,507.854143
4	28.271833	111.409824	3'127,383.385407	459,806.450671

En los primeros dos cruceros se obtuvieron los perfiles verticales de los parámetros fisicoquímicos hasta los 50 m de profundidad. En el resto de los cruceros se hicieron los registros hasta los 100 m de profundidad.

La información relacionada con la calidad del agua, tanto la obtenida a partir de la base de datos del WOA09 como la generada directamente en campo durante el estudio de caso, se transformó al formato nativo del paquete Ocean Data View (<http://odv.awi.de/en/home/>).

Ocean Data View (ODV) es un paquete de software para la exploración, análisis y visualización interactiva de datos oceanográficos y otros tipos de datos georeferenciados y secuenciados.

Para establecer las diferencias en la distribución espacio temporal de temperatura del mar a lo largo del Pacífico mexicano, además de las 4 estaciones establecidas en la costa central de Sonora (Tabla I), se definieron 12 estaciones del WOA09 de acuerdo a la tabla II y a la figura 2. Para facilitar el análisis, se consideraron inicialmente dos zonas: 1) la zona norte, que comprende todas las estaciones de Mazatlán al norte, tanto del Golfo del California como del Pacífico y 2) la zona sur, abarcando las estaciones al sur de Mazatlán.

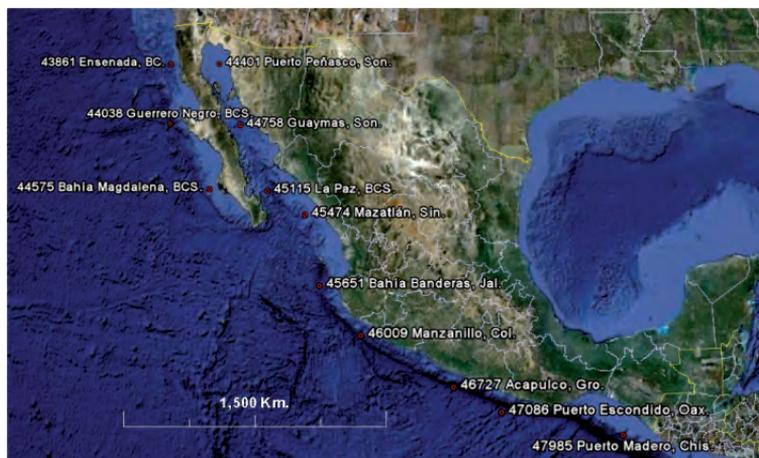


Figura 2.- Localización de las estaciones del WOA09.

De un análisis preliminar de la temperatura del mar para el Pacífico mexicano, se obtuvo que el mes que presenta generalmente las mayores temperaturas del mar es septiembre y que en enero se presentan generalmente las menores temperaturas del mar, por lo que el mes de septiembre se consideró representativo de las condiciones de temperaturas máximas de verano y enero como el mes representativo de las condiciones de temperaturas mínimas de invierno.

Tabla II.- Estaciones del WOA09.

EST	REF	Localidad	LON °W	LAT °N
1	43861	Ensenada, B.C.	116.5	30.5
2	44038	Guerrero Negro, B.C.S.	115.5	27.5
3	44575	Bahía Magdalena, B.C.S.	112.5	24.5
4	45115	La Paz, B.C.S.	109.5	24.5
5	44401	Puerto Peñasco, Son.	113.5	30.5
6	44758	Guaymas, Son.	111.5	27.5
7	45474	Mazatlán, Sin.	107.5	23.5
8	45651	Bahía Banderas, Jal.	106.5	20.5
9	46009	Manzanillo, Col.	104.5	18.5
10	46727	Acapulco, Gro.	100.5	16.5
11	47086	Puerto Escondido, Oax.	98.5	15.5
12	47985	Puerto Madero, Chis.	93.5	14.5

Se presenta la distribución de temperaturas del mar para el Pacífico mexicano en verano e invierno a tres profundidades: superficie (0 m), 30 m y 50 m, consideradas las más relevantes para proyectos de maricultura. Además, para cada una de las 12 estaciones analizadas del WOA09 (Tabla II), se obtuvo la distribución vertical (0-100 m) de temperatura del mar a lo largo del año.

Para cada uno de los seis cruceros realizados durante el estudio de caso, se compararon

los perfiles verticales, entre la superficie y los 100 m de profundidad, de temperatura del mar, salinidad y oxígeno disuelto, entre la estación 44758 Guaymas, Son. (Tabla II), y la Estación 1 denominada Ensenada Grande (Tabla I), localizada ésta a 61,3 km al suroeste de la primera. Los perfiles de la Estación 1 corresponden al perfil promedio del día. Además se muestran los perfiles con la menor y mayor temperatura observada en el día, registrada a los 5 m de profundidad.

Resultados

Las temperaturas del mar registradas en el Pacífico mexicano durante el invierno en la superficie van desde 15-16°C en las inmediaciones de Ensenada y el Alto Golfo de California; a 21-22°C en la boca del Golfo de California; a 24-25°C en la región de Bahía Banderas y a 26-27°C en las costas de Chiapas (Fig. 3b). Durante el invierno, en las estaciones al norte de Mazatlán (zona norte), tanto por el Golfo de California como por el Pacífico, la distribución de temperaturas a 30 m de profundidad se comporta de manera muy similar a las temperaturas superficiales (Fig. 3c). A 50 m de profundidad, las temperaturas del mar son de 1 a 2°C menores que las temperaturas superficiales (Fig. 3d).

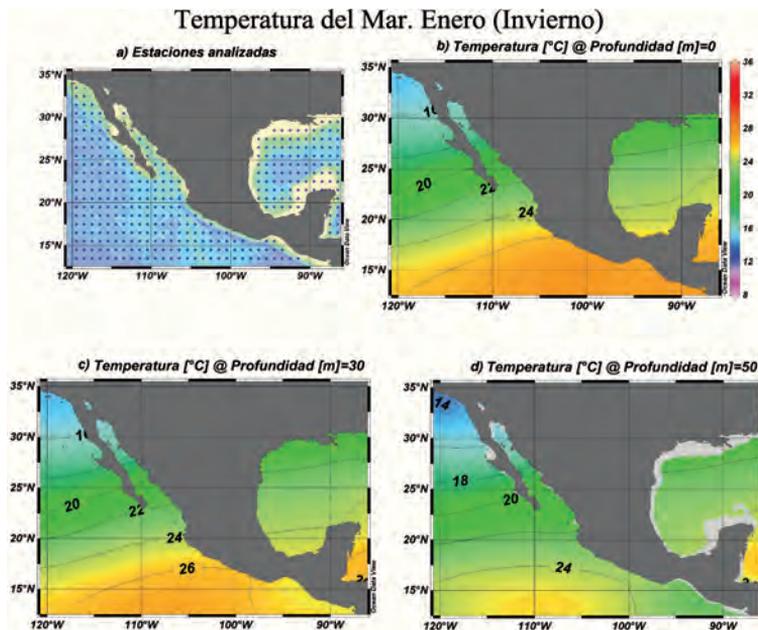


Figura 3.- Temperatura del mar en el Pacífico mexicano en invierno a 0 (b), 30 (c) y 50 m (d)

La capa de mezcla se extiende cerca de los 50 m de profundidad (Fig. 4). En la misma figura se puede observar que las características térmicas de los primeros 50 m del océano en la zona de Ensenada (en rojo) son muy similares a las de la zona de Puerto Peñasco (en gris).

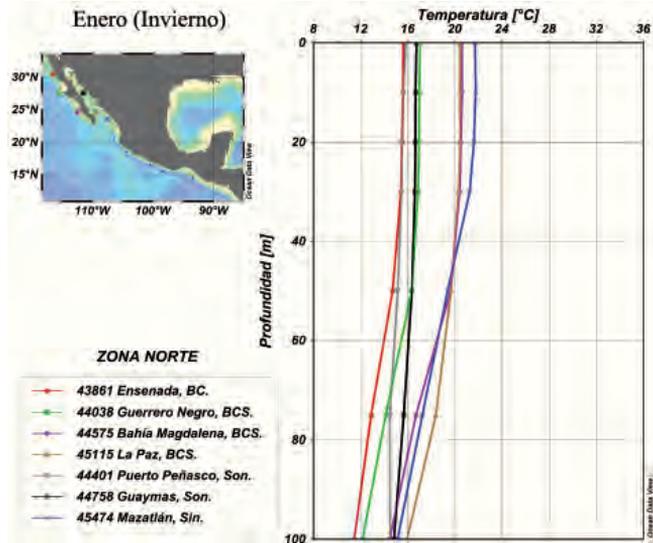


Figura 4.- Distribución vertical de temperatura en la zona norte en invierno.

Las estaciones al sur de Mazatlán (zona sur), en invierno presentan una capa de mezcla más somera y menos marcada, con diferencias de temperatura entre la superficie y los 50 m de profundidad que van de 4°C en la zona de Bahía Banderas; a 6°C en la región de Acapulco y hasta 8°C en las costas de Chiapas (Fig. 5).

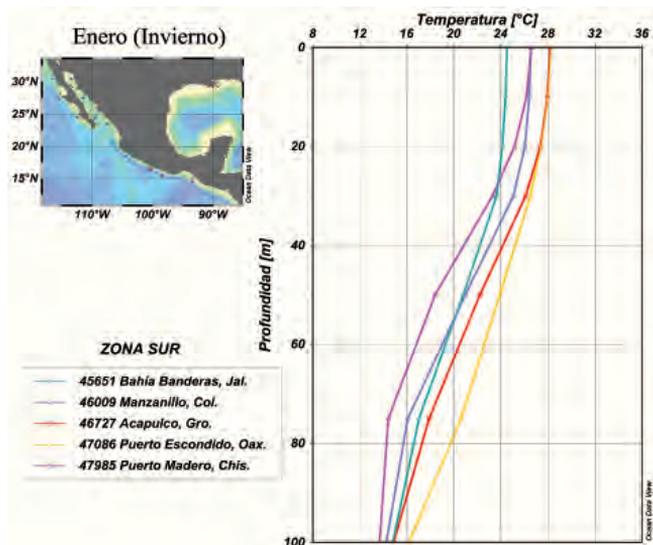


Figura 5.- Distribución vertical de temperatura en la zona sur en invierno.

Durante el verano, se presentan diferencias significativas de temperatura a lo largo del Pacífico mexicano. La costa poniente de la península de Baja California presenta temperatu-

ras superficiales que van desde los 19 a los 21°C de Ensenada a Punta Eugenia y de los 25 a los 29°C de Punta Abreojos al sur de la península (Fig. 6b).

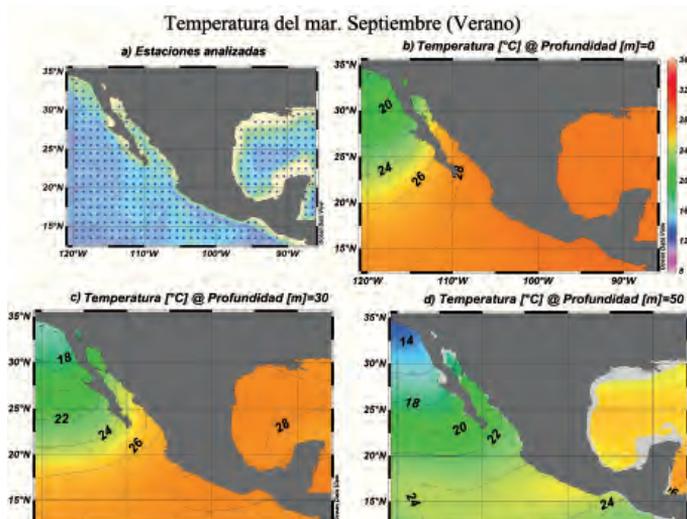


Figura 6.- Temperatura del mar en el Pacífico mexicano en verano a 0 (b), 30 (c) y 50 m (d).

La distribución vertical de temperaturas en esta región muestra rangos diferentes entre las estaciones localizadas al norte de Punta Eugenia, que presentan diferencias entre las temperaturas superficiales y las registradas a 50 m de profundidad de 6°C y las estaciones al sur de esta localidad con diferencias de hasta 8°C entre la superficie y los 50 m de profundidad (Fig. 7).

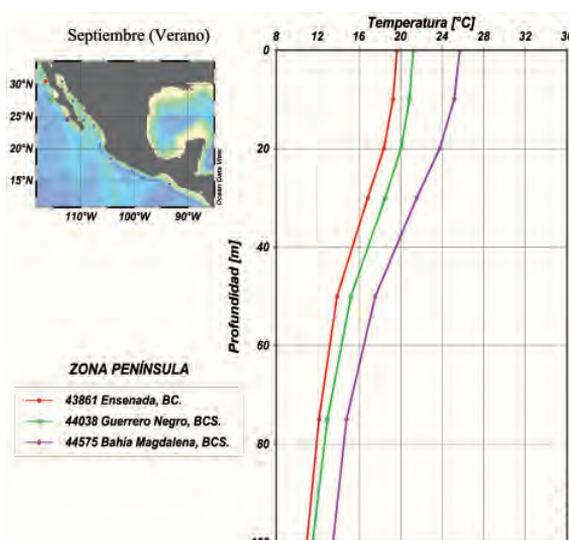


Figura 7.- Distribución vertical de temperatura en Baja California en verano.

La zona del Alto Golfo de California presenta en verano temperaturas superficiales de 29°C. En la parte central del Golfo de California, la temperatura superficial en verano llega a superar los 31°C, mientras que en la boca del Golfo de California, la temperatura superficial en verano llega a 30°C (Fig. 6b). Las diferencias entre las temperaturas superficiales y las registradas a 50 m de profundidad son del orden de 7 a 8°C (Fig. 8).

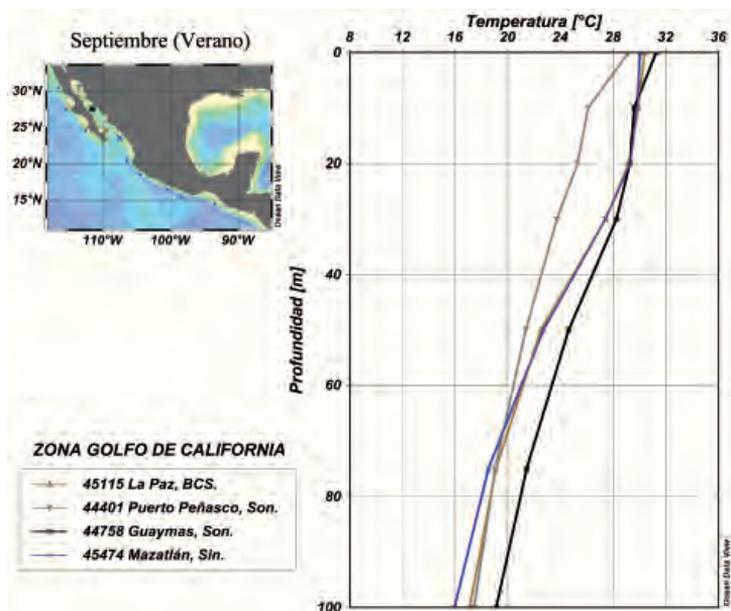


Figura 8.- Distribución vertical de temperatura en el G. de California en verano.

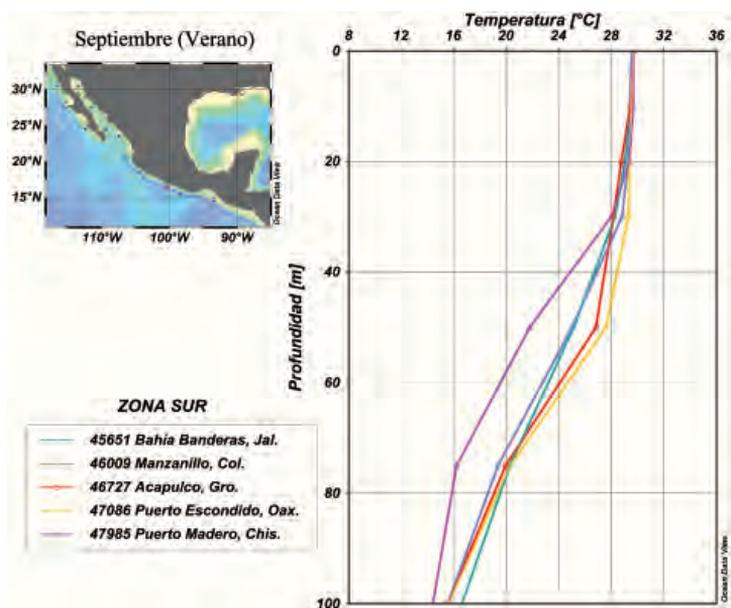


Figura 9.- Distribución vertical de temperatura en la zona sur en verano.

En la zona sur del Pacífico mexicano, las temperaturas superficiales en verano oscilan entre 29 y 30°C (Fig. 6b). La distribución vertical de temperaturas en esta zona presenta una capa superficial bien mezclada de 30 m de espesor (Fig. 9). Las diferencias entre las temperaturas superficiales y las temperaturas registradas a 50 m de profundidad oscilan entre 2 y 5°C en la zona, salvo en las costas del sur de Chiapas donde se presentan diferencias cercanas a los 8°C.

La figura 10 presenta los resultados para los dos meses de registro autónomo de parámetros fisicoquímicos en la Estación 4 (El Teléfono). Se muestra la diferencia estacional en la temperatura del agua, un ligero aumento en la salinidad en invierno con respecto a otoño y valores de pH y oxígeno disuelto similares entre otoño e invierno, salvo en dos eventos en los que se presentaron valores de oxígeno disuelto por debajo de 1,0 ml/l (23/feb/09 y 5/mar/09).

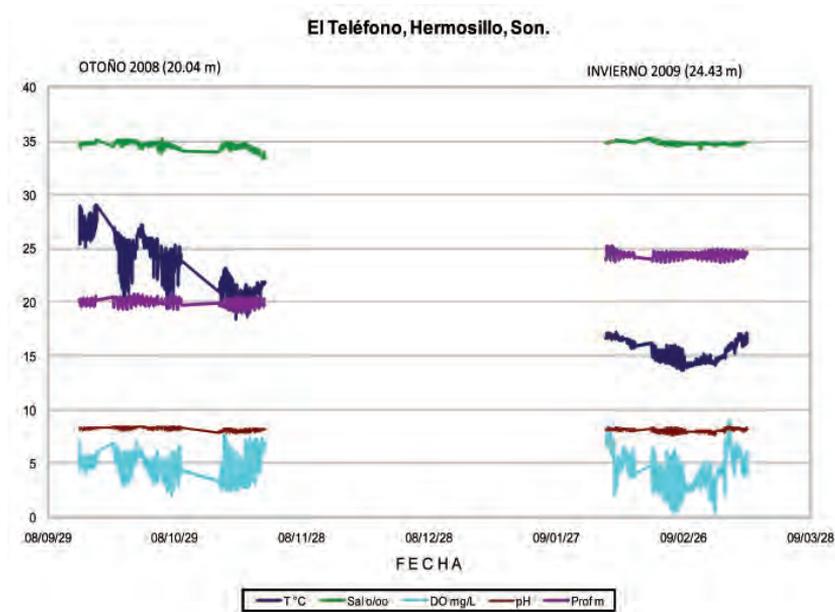


Figura 10.- Registro de parámetros fisicoquímicos en otoño e invierno.

El caso crítico se presentó el 5 de marzo del 2009 entre las 06:30 y las 12:30 horas cuando los valores de oxígeno disuelto fueron menores de 1.0 mg/l y llegaron a 0.36 ml/l entre las 08:30 y 09:00 horas (Fig. 11).

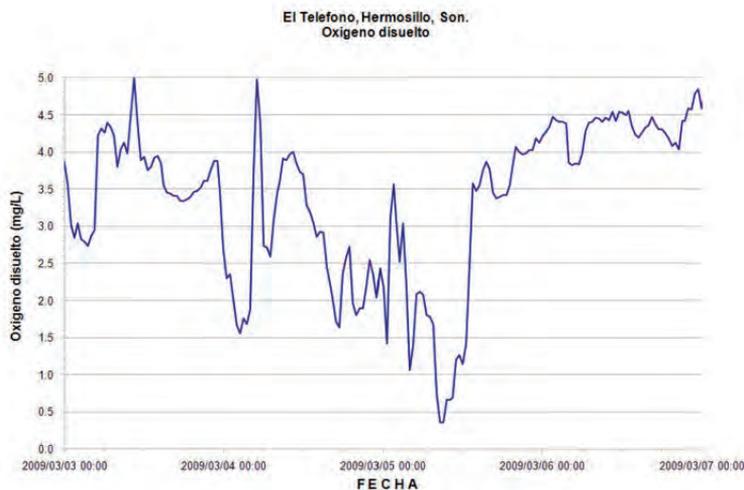


Figura 11.- Valores mínimos de oxígeno disuelto (090305).

La figura 12 muestra la distribución vertical de los parámetros fisicoquímicos obtenidos durante el crucero de enero y corresponde a los resultados de la hidrocala realizada a las 16 horas el 28 de enero 2009.

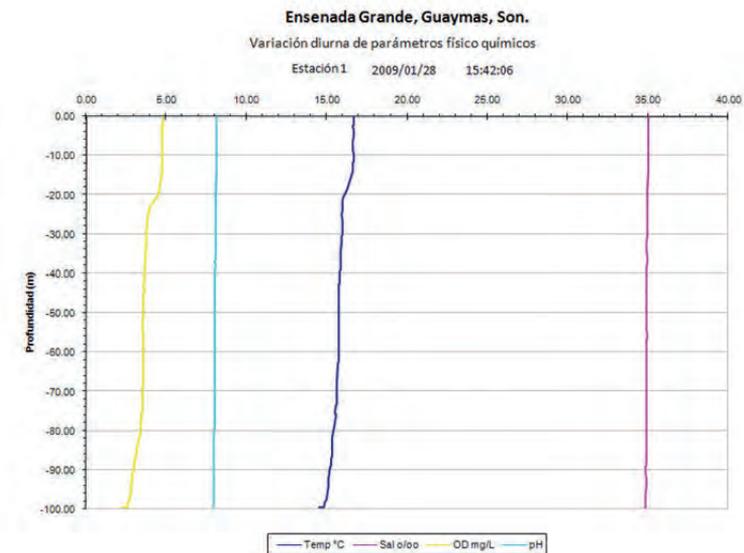


Figura 12.- Distribución vertical de parámetros fisicoquímicos el 28/ene/09 16 hrs.

Para ese mismo crucero, se presenta la variación diaria de temperatura de mar (Fig. 13) y de saturación de oxígeno disuelto (Fig. 14) en toda la columna de agua. Se presentaron las

menores temperaturas del año de alrededor de 16°C y una columna de agua bien mezclada. Los valores de saturación de oxígeno van del 50 al 60% de saturación arriba de los 30 m de profundidad.

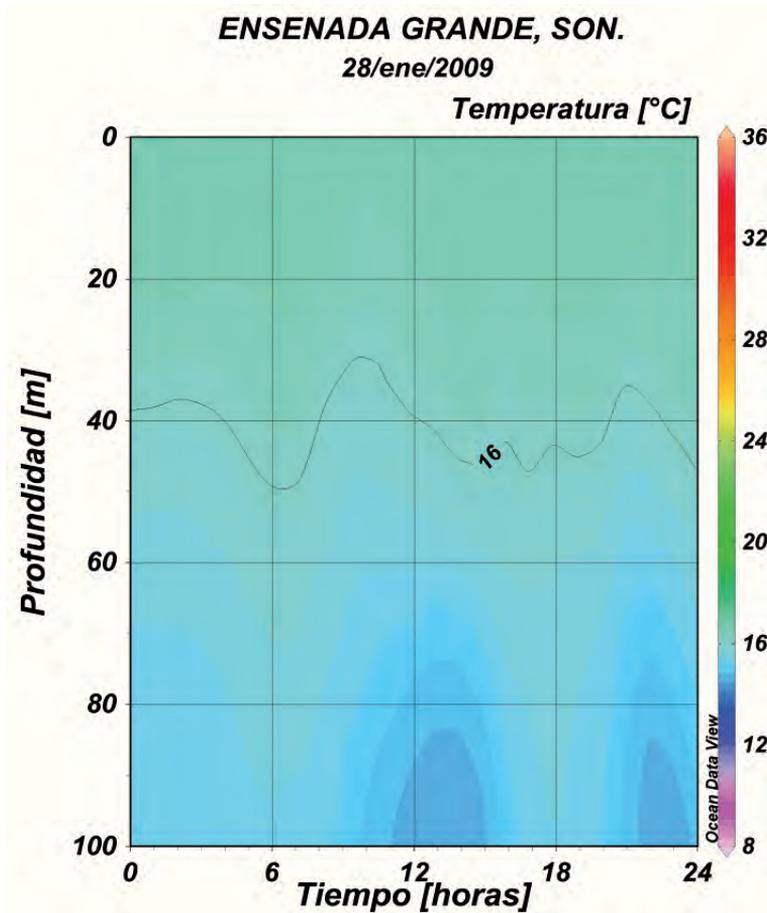


Figura 13.- Variación vertical de temperatura del mar 27/ene/2009.

Históricamente se han reportado concentraciones bajas de oxígeno disuelto en el Golfo de California. Sverdrup (1939) manifiesta que la falta de oxígeno en profundidades intermedias es muy característica de las aguas del Golfo de California y que solo se presentan concentraciones superiores a 1.0 ml/l a profundidades menores de 100 m. La concentración de oxígeno disuelto será un asunto que hay que registrar y considerar detalladamente en los proyectos de maricultura que se realicen en esta zona.

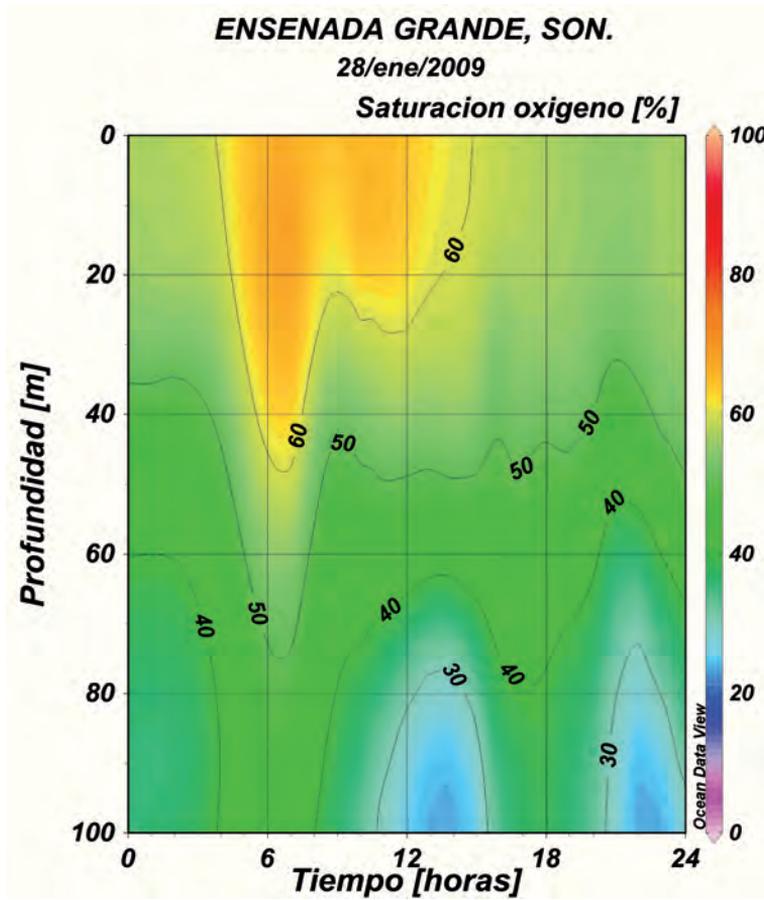


Figura 14.- Variación diurna de la saturación de oxígeno el 27/ene/2009.

Discusión

De acuerdo a la distribución espacio temporal de temperaturas en el Pacífico mexicano, quedaron identificadas claramente 5 zonas térmicas que deberán asociarse con los proyectos de maricultura a desarrollar: la Zona 1 que abarca el litoral occidental de Baja California; la Zona 2 que cubre el litoral occidental de Baja California Sur; la Zona 3 que comprende el litoral de Sonora, el litoral oriental de Baja California y la parte norte del litoral oriental de Baja California Sur, hasta Bahía Concepción; la Zona 4 que abarca los litorales de Sinaloa, Nayarit y Jalisco hasta Bahía Banderas y el litoral oriental de Baja California Sur al sur de Bahía Concepción y la Zona 5 que cubre el litoral entre Bahía Banderas y la frontera con Guatemala (Fig. 15). La tabla III resume las características de estas zonas térmicas.

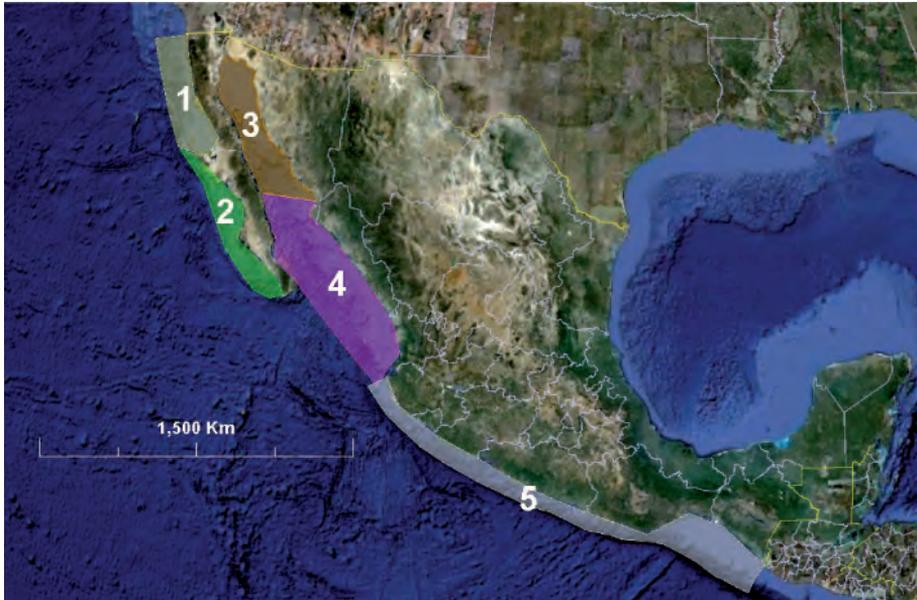


Figura 15.- Localización de las zonas térmicas de maricultura en el Pacífico mexicano.

Estas zonas térmicas, con sus rangos de temperatura característicos, deben de considerarse para la preselección de las especies objetivo a utilizar en el proyecto de maricultivo. Además, la estructura vertical de temperaturas sugerirá el uso de artes de maricultura, ya sean superficiales o sumergibles, que puedan, de requerirse, mitigar los efectos de las altas temperaturas superficiales y atenuar el efecto del oleaje de tormenta.

La estrategia debe enfocarse en la selección de especies nativas, longevas, de rápido crecimiento y fácil reproducción, que pudieran engordarse a lo largo de todo el año, precisamente en los rangos de temperatura en donde han reportado mejor crecimiento, utilizando para esto toda la columna de agua.

Lo anterior requiere del uso de artes de maricultura sumergibles, con la capacidad de ser colocadas a cualquier profundidad deseada. Con equipos convencionales, se pueden llevar a cabo las operaciones de rutina dentro de un proyecto de maricultura hasta los 30 m de profundidad sin mayores problemas. El trabajar a mayor profundidad que esto requerirá de equipos que, aunque más sofisticados, ya se ofrecen en el mercado.

Considerando el uso de una columna de agua de 30 m por las artes de maricultura, se requerirá contar de una profundidad cercana a los 50 m para evitar la interacción con el fondo marino. A medida que aumenta la profundidad, la energía del oleaje y la velocidad de la corriente que este genera se reducen considerablemente.

Tabla III.- Zonas térmicas relacionadas con maricultura en el Pacífico

Zona	Nombre	Cobertura	Rango (°c)	Consideraciones
1	Baja norte	Litoral occidental de B. C.	15 - 20	Artes superficiales, resistentes al oleaje de invierno.
2	Baja sur	Litoral occidental de B. C. S.	20 - 26	Artes superficiales, resistentes al oleaje de verano.
3	Centro y alto golfo	Litoral oriental de la península de Baja California, hasta B. Concepción, B.C.S., litoral de Sonora.	15 - 32	Artes sumergibles para mitigar altas temperaturas y oleaje durante el verano. Crecimientos lentos durante el invierno.
4	Boca del golfo	Sinaloa, Nayarit, Jalisco hasta B. Banderas, Jal.	21 - 30	Artes superficiales, resistentes al oleaje de verano. Opción de artes sumergibles para manejar otras especies objetivo.
5	Pacífico sur	Bahía Banderas a frontera con Guatemala.	26 - 30	Artes superficiales, resistentes al oleaje de verano.

Para oleaje ciclónico típico, propagándose sobre una región marina con 50 m de profundidad, con olas de 6,04 m de altura y 9,50 s de período (e.g. Huracán Tico de 1983), la velocidad de la corriente generada en la superficie será de 1,776 m/s y de solo 0,597 m/s a 30 m de profundidad.

Si esa misma ola se propaga en una región costera con 10 m de profundidad, la velocidad de la corriente generada en la superficie será de 2.861 m/s y de 2.540 m/s en el fondo, además, la ola estaría muy cerca de generar una rompiente y provocaría una mezcla completa de la columna de agua y gran turbulencia.

La opción a considerar en caso de oleaje de tormenta y de artes de maricultivo sumergibles, es colocarlas a una profundidad tal que queden fuera del impacto directo del oleaje. Generalmente sumergirlas a 20-30 m de profundidad es suficiente. A esta profundidad el meteoro generaría poca turbulencia, y menos aun si el fondo marino se encontrara a 50 m de profundidad.

Para artes de maricultura superficial, habrá que remolcarlas a zonas protegidas del olea-

je de tormenta, generalmente dentro de una bahía, ensenada o inclusive una laguna costera. La turbulencia que se genera durante estos eventos tiende a durar varios días antes y después del meteoro, por lo que se presentarán condiciones poco aptas para el maricultivo.

Los registros fisicoquímicos analizados a escala regional representan una base de datos confiable para hacer la preselección de las especies objetivo y las artes de maricultivo a utilizar. Sin embargo, es necesario hacer un estudio local a detalle para entender los procesos de escala diurna y estacional que soportarán las especies en cultivo.

La figura 5,2 muestra la distribución vertical de algunos parámetros fisicoquímicos registrados in situ durante el crucero de diciembre 2008 y los recopilados de las climatologías del WOA09 para el mes de diciembre. Se observan diferencias significativas entre ambas bases de datos.

Los registros locales dan mucha más claridad sobre los procesos oceanográficos relacionados con la calidad del agua que soportarán las especies en cultivo. De tal forma que se pueden establecer los patrones estacionales (Fig. 4.8); detectar los eventos que provocarán condiciones de riesgo (Fig. 4.9); definir la estructura vertical detallada (Fig. 4.10) y dimensionar las variaciones diurnas en diversas épocas del año (Fig. 4.11 y 4.12).

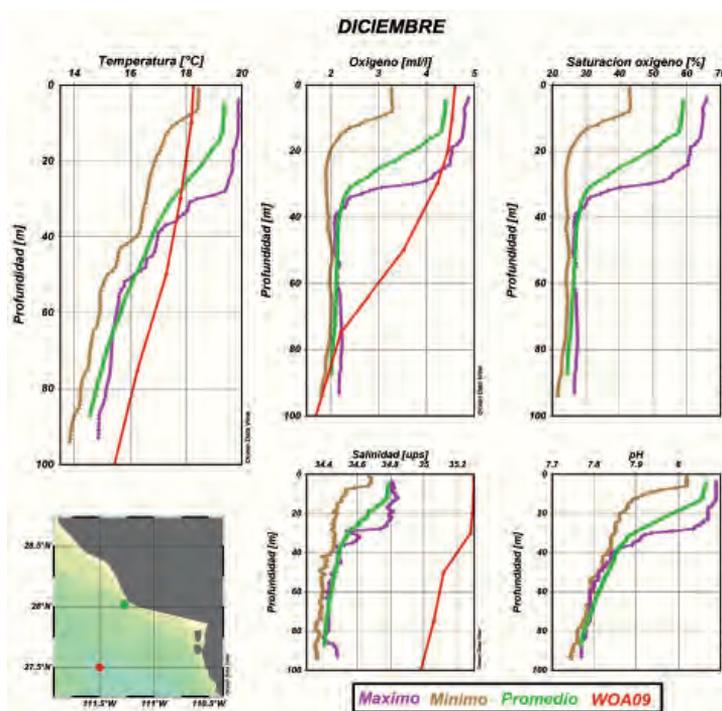


Figura 16.- Distribución vertical de algunos parámetros fisicoquímicos en diciembre.

La información registrada directamente en campo resultará en la selección de artes y procesos de maricultura que darán seguridad a la inversión, reducirán los montos de inversión, mantenimiento y operación y minimizarán los impactos al ecosistema marino.

En la selección final del sitio, dentro de una misma zona térmica (Fig. 16) se presentarán seguramente varias localidades potenciales. El estudio oceanográfico local proveerá los elementos suficientes para poder hacer la mejor selección. La batimetría de la zona resaltarán localidades con las profundidades deseadas. El estudio estacional de vientos, corrientes, mareas y oleaje, conjuntamente con el registro de las características del bentos y los sedimentos, brindarán la información para calcular y diseñar los anclajes y las artes de maricultivo. El registro de los parámetros fisicoquímicos a lo largo de las principales estaciones del año arrojará información vital sobre la producción lograble, las densidades posibles de manejar y las tasas de alimentación y crecimiento esperado y, por ende, la rentabilidad del proyecto.

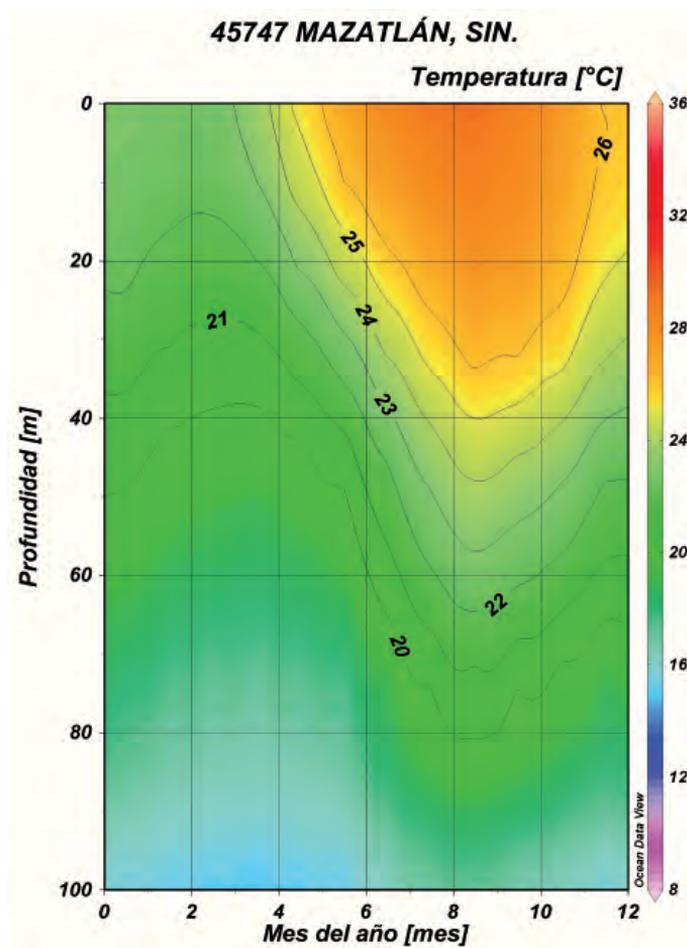


Figura 17.- Distribución mensual de temperatura del mar y oxígeno en Mazatlán, Sin.

Tomando en cuenta que para algunas de las especies susceptibles de ser utilizadas en proyectos de maricultura el límite térmico superior se encuentra alrededor de los 28°C y que se puede esperar un mayor riesgo de que broten diversas enfermedades cuando la temperatura sea superior a los 30°C, la Zona 4 se perfila como la zona con mejores posibilidades de tener una mayor diversificación de especies a cultivar, ya que presenta temperaturas superficiales superiores a los 21°C durante el invierno y menores a 28°C a 30 m de profundidad durante el verano, además de concentraciones de oxígeno disuelto superior a 4,0 ml/l en los primeros 30 m de profundidad (Fig. 17). Para aprovechar esta situación, habrá que considerar el uso de artes sumergibles y especies objetivos con crecimientos máximos en los rangos de 24 a 28°C.

Conclusiones

- Las climatologías analizadas del World Ocean Atlas 2009 resultaron ser adecuadas para hacer solo una preselección de especies y artes para plantear un proyecto de maricultura en la región del Pacífico mexicano.
- En la región del Pacífico mexicano, resultaron cinco zonas térmicas, con rangos de temperatura característicos, que deben ser consideradas para la preselección de especies objetivo, sitios y artes a utilizar en proyectos de maricultura.
- Los registros de campo son necesarios para hacer la selección final de las especies, sitios y artes de maricultura, ya que solo así se definen los procesos oceanográficos que influyen en la calidad del agua que soportarán las especies en cultivo y en las condiciones físicas que deberán resistir las artes de maricultivo.

Agradecimientos

Parte de los resultados se obtuvieron gracias al financiamiento de Fundación Produce Sonora, A.C., y Fundación Sonora para la Innovación Tecnológica, A.C., bajo el convenio 26-2008-0570, a quienes el autor agradece encarecidamente.

Referencias

- Antonov J.I., Seidov D., Boyer T.P., Locarnini R.A., Mishonov A.V. & Garcia H.E. 2010. *World Ocean Atlas 2009*, Volume 2: Salinity. S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 69, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C. 184 pp.
- CONAPESCA 2008. *Anuario Estadístico de Pesca*.
- FAO 2004. *The state of the world fisheries and aquaculture 2004*. FAO Fisheries Department.

- Rome, 2004.
- FAO 2005. *Review of the state of world marine fishery resources*. FAO Fisheries Technical Paper. No. 457. Rome, FAO. 2005. 235p.
- FAO 2009. *The state of the world fisheries and aquaculture 2004*. FAO Fisheries Department. Rome, 2009.
- Garcia H.E., Locarnini R.A., Boyer T.P. & Antonov J.I. 2010a. *World Ocean Atlas 2009*, Volume 3: Dissolved Oxygen, Apparent Oxygen Utilization, and Oxygen Saturation. S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 70, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 344 pp.
- Garcia H.E., Locarnini R.A., Boyer T.P. & Antonov J.I. 2010b. *World Ocean Atlas 2009*, Volume 4: Nutrients (phosphate, nitrate, silicate). S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 71, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 398 pp.
- Locarnini R.A., Mishonov A.V., Antonov J.I., Boyer T.P., Garcia H.E., Baranova O.K., Zweng M.M. & Johnson D.R. 2010. *World Ocean Atlas 2009*, Volume 1: Temperature. S. Levitus, Ed., NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 184 pp.
- Robertson D.R. & Allen G.R. (2002). *Shorefishes of the Tropical Eastern Pacific: An Information System*. Smithsonian Tropical Research Institute. Balboa Panama.
- Sverdrup H.U. 1939. The Gulf of California: Preliminary Discussion of the Cruise of the "E. W. Scripps" In February and March, 1939. Proceedings of the Sixth Pacific Science Congress, Volume III, held at Berkeley, Stanford and San Francisco July 24 to August 12, 1939.
- Villalba L.A. 2009. *Formulación y Gestión de un Proyecto de Maricultura Oceánica en la Región Centro del Estado de Sonora*. Fundación Produce Sonora, A. C. Convenio 26-2008-0570. 138 pp.

Establecimiento de cultivo de peces en jaulas flotantes en lagunas costeras. Avances sobre el cultivo del híbrido de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*)

Zarain-Herzberg* M., García-Camarena R.

Centro de Ciencias de Sinaloa. Av. Las Américas #2771 Norte. Col. Villa Universidad, C.P. 80010 Culiacán, Sinaloa, México. Tel. (01-667) 759-90-00 Ext. 1124.

*E-mail: martha@computo.ccs.net.mx

Resumen

La producción de tilapia ha tenido un gran crecimiento tanto a nivel mundial como en Latinoamérica. En México la producción de tilapia en el 2009 (CONAPESCA) solo estuvo por poca cantidad por debajo del cultivo de camarón. Sin embargo, los nuevos retos y problemas que ocasiona el cultivo tradicional de tilapia en estanques rústicos, como son la eutrofización y la escasez de agua dulce estacional, motiva a buscar nuevas alternativas biotecnológicas para este cultivo. Por lo que en el presente trabajo se verificó las cualidades de cultivo de la tilapia roja híbrida (*O. mossambicus* x *O. aureus*) en ambiente marino. Se realizó una etapa de pre-engorda con 2,300 alevines durante 32 días, donde se realizó la adaptación a agua de mar con una duración de 5 días. Posteriormente los alevines fueron trasladados al sitio de cultivo y engordados en jaulas flotantes de 9 m³ de capacidad (3x3x1) por 59 días. Al término del cultivo se obtuvo un peso promedio final de 113,3 g, una tasa de conversión alimenticia de 1,24 y una supervivencia del 98.45%. Concluimos que la tilapia roja híbrida (*O. mossambicus* x *O. aureus*) durante la adaptación y crecimiento de engorda en agua salada (35‰) tiene un excelente desempeño y resistencia a enfermedades y se presenta como una alternativa de cultivo para las costas del estado de Sinaloa, México.

Palabras clave

Tilapia roja, (*O. mossambicus* x *O. aureus*), jaulas flotantes, ambiente marino.

Introducción

La producción pesquera a nivel mundial en los últimos años (2001-2004) se ha duplicado, dentro de este desarrollo la pesca de captura tuvo un crecimiento anual medio del 1,2% y la acuicultura creció a razón de 9,1%.

Alrededor de 40 familias de peces son cultivadas en jaulas, de las cuales tan solo 5 de ellas suman el 90% de la producción. Dentro de éstas, la tilapia tuvo un crecimiento de alrededor de 226 % en el 2005 (FAO, 2007). Las especies que destacan como las más cultivadas son la tilapia del nilo, la aurea y la mosambica. En México la producción de tilapia en el año 2004 ocupó un segundo lugar por debajo del cultivo de camarón (CONAPESCA, 2009).

Dentro de sus cualidades para el consumo se enumeran la facilidad de fileteado, tiene pocas espinas, olor suave y versátil para la cocción, además es un alimento muy nutritivo. Además de ser de fácil reproducción, alta tasa de crecimiento, y capacidad para convertir residuos orgánicos en proteína de alta calidad (Yang *et al.*, 1996).

El cultivo de tilapia tradicional requiere de grandes cantidades de agua dulce que también se requiere para la agricultura, la industria alimentaria y el consumo humano. Por lo que ante la escasez de agua dulce en algunas regiones del país y que además disponen de vocación acuícola para cultivos marinos pone de manifiesto la importancia de buscar alternativas de producción de especies marinas (Mena-Herrera *et al.*, 2002). Las tilapias, aún cuando no son habitantes naturales de aguas marinas, algunas especies pueden adaptarse a este medio con facilidad (Chung, 1990). El híbrido de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*) (Fig. 1), se ha identificado como especie idónea para el cultivo en ambiente marino, por su tolerancia a la salinidad, supervivencia elevada, crecimiento acelerado y aspecto atractivo por su coloración roja.

Los cruzamientos genéticos han contribuido en este sentido a la generación de líneas de tilapias que son más tolerantes a la salinidad, tienen mayor crecimiento y resistencia a enfermedades (Watanabe *et al.*, 1990). El estado de Sinaloa posee un gran potencial acuícola, debido a que tiene un clima tropical y subtropical, que genera las condiciones **óptimas** para el cultivo de tilapia en ambientes marinos, además de que tiene 656 km de litoral costero que pueden ser aprovechadas para impulsar la maricultura en grandes escalas.

El objetivo de este trabajo fue “Evaluar el crecimiento y supervivencia de tilapia roja híbrida (*O. mossambicus* x *O. aureus*) cultivada en ambiente marino en jaulas flotantes en la bahía Altata-Ensenada del Pabellón, Sinaloa México”.



Figura 1.- Alevín de tilapia roja

Metodología

Para el cultivo se utilizaron 2.300 alevines del híbrido de tilapia roja (*O. mossambicus* x *O. aureus*), de 0,2 g, revertidos sexualmente con α -metil-testorena, adquirido en Cuba y transportado vía aérea a México.

El lugar de cultivo fue la Bahía de Altata-Ensenada del Pabellón con coordenadas latitud N 24°36'4.12'' y longitud O 107°54'33.63 en el municipio de Navolato, Sinaloa.

La etapa de pre-engorda posterior al periodo de cuarentena, tuvo una duración de 32 días y comprendió la adaptación a agua salada. Inicialmente los alevines fueron y mantenidos por 15 días en tanques de geo-membrana con 7,000 L de agua dulce de pozo, a una densidad de 0,16 alevines/L (0,32 g/L). Se alimentó diariamente en base al 20% de su peso fresco con alimento balanceado con 52% de proteína. Se realizaron recambio diarios de agua del 30%, así como toma de parámetros de temperatura, oxígeno y pH. La adaptación a agua de mar se realizó durante los 5 días posteriores con alevines de 5 g de peso promedio a una densidad de 0,33 juvenil/L (1,64 g/L). La salinidad se aumentó gradualmente durante los dos primeros días de 0 a 20 ppm, los siguientes 3 días se aumentó 5‰ por día hasta a 35‰. Durante la adaptación se midieron los parámetros de salinidad, oxígeno, pH y temperatura cada 2 horas.

El traslado de las tilapias a las jaulas se efectuó en bolsas polietileno (60x90 cm) con 10 L de agua de mar (35‰) con oxígeno a saturación, protegidas por cajas de unicel, conteniendo

do al interior geles de refrigeración para bajar la temperatura durante el transporte. Las tilapias con un peso promedio de $10,69 \pm 1,19$ g aclimatadas a los parámetros del agua del sitio, fueron sembradas por triplicado a una densidad de 85 tilapias/m³ en jaulas de 9 m³ (3x3x1) construidas de tubería de PVC y mallas Sansuy e instaladas en la Bahía de Altata, Navolato, Sinaloa (Fig. 2). Cada quince días, hasta los 59 días de cultivo se midió la longitud total y el peso del 10% de la población de cada jaula (Fig. 5). Estos valores también se utilizaron para ajustar la cantidad de alimento.



Figura 2.- Jaulas flotantes instaladas.

Durante las primeras 3 semanas de esta etapa se alimentó con una cantidad equivalente al 5% del peso de la biomasa de cada jaula, con un alimento balanceado de 45% de proteína, con una frecuencia de cuatro veces al día, asumiendo 100% de sobrevivencia, a la cuarta semana se cambió a un alimento con 32% de proteína y una alimentación del 3% de su peso.

Diariamente se realizó la toma de parámetros de temperatura, oxígeno, salinidad y pH.

Los resultados del presente estudio se expresaron en términos de supervivencia (S%), tasa de conversión alimenticia (TCA), tasa de crecimiento (g/día) y factor de condición K.

Resultados

Durante la etapa de pre-engorda se obtuvo una supervivencia del 99,9%, con tilapias de un peso promedio final de $10,69 \pm 1,19$ g. La fase de adaptación al agua de mar (35‰) se

comenzó al día 21 con organismo de $4,99 \pm 0,15$ g en peso promedio lo cual se logró a los 21 días de cultivo (Tabla I y Fig. 3).

Tabla I.- Peso promedio de las tilapias en la etapa pre-engorda.

Días de Cultivo	Densidad (g x m ³)	Peso promedio (g)	S (%)
0	32	0,200	100
7	78	$0,475 \pm 0,07$	
15	272	$1,66 \pm 0,26$	
21*	1,639	$4,99 \pm 0,15$	
32	3,512	$10,69 \pm 1,19$	99,9

*Inicio de adaptación al agua de mar.



Figura 3.- Curva de crecimiento de *O. mossambicus* x *O. aureus* en la etapa de pre-engorda por 32 días.

Los parámetros fisicoquímicos en el transcurso de la pre-engorda se mantuvieron dentro de los valores normales para su crecimiento, teniendo una temperatura mínima de $28,9^{\circ}\text{C}$ y una máxima de $31,2^{\circ}\text{C}$, el oxígeno siempre estuvo arriba de 5 mg/L. El pH mostró un mínimo de 7,2 al inicio de la pre-engorda y valor máximo de 8,8 (Tabla II).

Tabla II.- Parámetros fisicoquímicos del agua en la etapa pre-engorda.

Días de Cultivo	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	pH
0	28,9	5,3	7,2
7	31,2	5,1	8,6
15	31,2	5,3	8,8
21*	30,7	5,0	8,6
32	31,2	4,4	8,5

*Inicio de adaptación al agua de mar.

Al final de los 59 días de cultivo de engorda se obtuvo un peso promedio de $113,3 \pm 3,10$ g, con un factor de condición del 2,54 hacia el final del cultivo. La biomasa promedio final de cada jaula fue de aproximadamente 88 Kg, con una longitud promedio de $16,46 \pm 0,11$ cm. Al término del cultivo la densidad fue de $9.743,80$ g x m³. (Tabla III y Fig. 4).

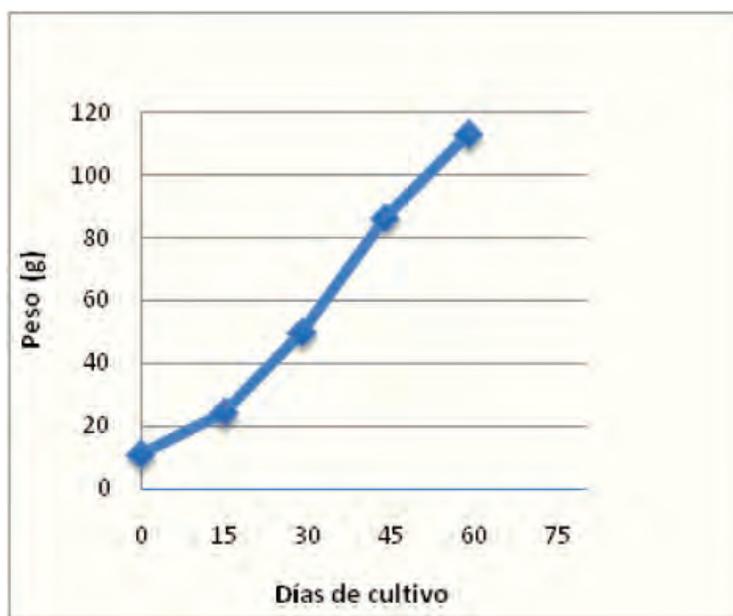


Figura 4.- Curva de crecimiento de *O. mossambicus* x *O. aureus* en la etapa de engorda por 59 días.

Tabla III.- Parámetros de respuesta de las tilapias en la etapa de engorda.

Días de Cultivo	Densidad (g x m ³)	Peso promedio (g)	Biomasa (g)	Longitud (cm)	Factor de Condición (K)
0	919,24	10,69±1,19	8,284,75	-	-
15	2119,04	24,64±2,05	19.096,00	10,06±0,11	2,42
29	4277,64	49,74±4,07	38,548,50	12,53±0,33	2,52
44	7442,58	86,43±7,90	66.983,25	15,03±0,25	2,54
59	9743,80	113,3±3,10	87.807,50	16,46±0,11	2,54

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos de la etapa de engorda, estos permanecieron sin mucha variación, excepto la temperatura la cual bajo 5°C al final del cultivo, el rango de la concentración de oxígeno disuelto fue 5,15 a 6,65 mg/L; el de salinidad de 34,7 a 35,5‰; mientras que el pH tuvo muy poca variación (Tabla IV). Los indicadores del cultivo se resumen en la tabla V.

Tabla IV.- Parámetros fisicoquímicos etapa de engorda.

Días de Cultivo	Temperatura (°C)	Oxígeno (mg/L)	Salinidad (‰)	pH
0	31,2	6,65	35,5	8,8
15	31,1	6,12	35,2	8,6
29	30,6	5,62	34,7	8,5
44	30,4	5,15	35,0	8,4
59	25,4	5,25	35,0	8,4

Tabla V. Indicadores del cultivo de tilapia.

Parámetro	
Volumen jaula (m ³)	9
Peso inicial (g)	10,69 ±1,19
Densidad inicial (kg/m ³)	0,9
Densidad inicial (no./m ³)	86
Densidad final (kg/m ³)	86,44
Tiempo de cultivo (días)	59
Peso final (g)	113,3±3,1
Tasa de crecimiento (g/día)	1,5
Supervivencia (%)	98,45
Cosecha (kg)/jaula	86,43
Alimento añadido (kg)/jaula	104,81
TCA	1,24

Discusión

Han sido pocos los ensayos que se han realizado con especies de tilapias con capacidad de adaptarse al agua de mar, de acuerdo con este estudio la talla mínima para la adaptación a agua salada disminuyó notablemente, considerando que son organismos eurihalinas y que todas la tilapias son de origen dulce acuícola, por lo que las sales suelen ser un factor de estrés. Los factores que influyen en el éxito del proceso de adaptación son la línea genética, la talla y el protocolo utilizado.

Por lo que consideremos que tenemos establecido un protocolo adecuado para esta línea genética, siendo la edad el factor crítico para asegurar una máxima supervivencia; obteniéndose durante la etapa de pre-engorda en agua dulce y adaptación a agua salada una tasa de crecimiento máxima de 0,57 g/día.

La ventaja económica de disminuir la talla de adaptación es que se contribuye a bajar costos de producción de tilapias para ambiente marino.

El crecimiento de engorda se realizó en el sistema de jaulas flotantes, mismo sistema que ya ha sido reportado para camarón como exitoso ya que baja tasa de conversión alimenticia aprovechando la productividad primaria, el oleaje contribuye a la circulación del agua y mantenimiento de niveles de oxígeno y mantiene a los organismos en condiciones naturales.

El resultado obtenido con este híbrido de tilapia ha sido muy prometedor y falta por continuar un ciclo de crecimiento a tallas mayores. Hasta el momento en la engorda se ha registrado una tasa máxima de crecimiento de 2,44 g/día en los 59 días de crecimiento.

Agradecimientos

Dra. Iliana Fraga, Dr. Hervey Rodríguez, Biol. Rodolfo Rodríguez, Biol. Julio Cesar Contreras, Ing. Pedro E. Cárdenas, Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera y Ostrícola Faro del Papillón S.C. de R.L. de C.V., Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (CECyT), Financiamiento: Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA) y Fondos Mixto-Sinaloa 2009 (CONACyT).

Referencias

Chung K.S. (1990) Adaptabilidad de una especie eurihalina *Oreochromis mossambicus* (PETERS, 1852) en aguas de la zona nororiental de Venezuela. *Saber* 3(2): 21-29.

- FAO. 2007. Estadísticas de la Producción de la Acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- CONAPESCA. 2009. *Anuario estadístico de acuicultura y pesca*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca de México.
- Mena-Herrera A., Sumano-López H., Macias-Zamora R. 2002. Effects of water salinity on the growth of hybrid red tilapia *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultured under controlled laboratory conditions. *Vet. Mex.* 33 (1) Pag. 39-48.
- Watanabe W.O., Clark J.H., Dunham J.B., Wicklund R.I., Olla B.L. 1990. Culture of Florida red tilapia in marine cages: the effect of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture* 90: 123-134.
- Yang Yi, C. Kwei Lin, James S. Diana. 1996. Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density in cages on their growth and yield in cages and in ponds containing the cages. *Aquaculture* 146: 205-215.

Cultivo del pargo flamenco en jaulas flotantes

Avilés-Quevedo¹ M.A., Castelló-Orvay² F., Mazón-Suástegui³ J.M.

¹Centro Regional de Investigación Pesquera-Instituto Nacional de Pesca
Km 1 carretera a Pichilingue, CP 23020, La Paz, Baja California Sur, México. E-mail:
araceli.aviles@inapesca.sagarpa.gob.mx

²Universitat de Barcelona, Dept. Biologia Animal, Fac. de Biologia (U.B.)
Avda. Diagonal 645, 08028- Barcelona, España. E-mail: fcastello@ub.edu

³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa
Palo de Santa Rita, CP 23090, La Paz, B.C.S., México. E-mail: jmazon04@cibnor.mx

Resumen

Los peces marinos de la familia Lutjanidae, denominados internacionalmente como pargos y “snappers”, son unas de las especies más características de la ictiofauna costera e integran un importante recurso pesquero en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En México, constituyen un gran componente de la pesca artesanal. El pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*), es uno de los recursos más buscados en la pesca ribereña en donde alcanzan un alto precio en el mercado. La preferencia por el consumo de estos peces, ha ocasionado el agotamiento de los caladeros, considerando un incremento del 10,6% en la población pesquera registrada en los últimos años. Por otro lado, las principales bahías de la península de Baja California en México, son áreas protegidas, o están en proceso de convertirse en parques nacionales, que además de restringir la pesca ribereña, obligan a los pescadores a buscar los escasos recursos pesqueros en sitios más distantes. Es por esto que la comunidad de pescadores de Bahía Concepción, Baja California Sur, ha buscado la producción acuícola como una fuente alternativa de ingresos para obtener los satisfactorios básicos para sus familias. Los pescadores, organizados en Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera iniciaron el cultivo del pargo flamenco con el apoyo y asesoría del Instituto Nacional de Pesca, utilizando la tecnología de engorda de pargos en jaulas flotantes. En un año de operaciones y \$500.000,00 de inversión, lograron vender un producto fresco, de calidad, buen sabor, textura y presentación con un peso de 450-600 g, un costo de producción de

\$58,90/kg y un precio de venta de \$120,00/kg. Los objetivos a mediano plazo son consolidar una tecnología de cultivo bajo un aprovechamiento sostenible, producir peces de máxima calidad en un ambiente de higiene y seguridad, creando fuentes de trabajo para los pescadores bajo un manejo ecosistémico que permitirá planear y manejar los recursos marinos de tal forma que satisfagan las necesidades de la comunidad, sin afectar a las futuras generaciones, beneficiando y cuidando los ecosistemas marinos.

Palabras clave

Pargos, cultivo, jaulas flotantes.

Introducción

Los pargos, constituyen las especies más características de la ictiofauna costera de todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En México, es uno de los principales componentes de la pesca artesanal, en donde alcanza grandes volúmenes de captura destinados totalmente al consumo humano. En el 2008, los volúmenes de captura a nivel nacional de estas especies ascendieron a 9.886 t con un valor de \$35.718.800,00 dls (CONAPESCA, 2010).

El pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*; Steindachner, 1869), constituye uno de los recursos más buscados en la pesca ribereña en donde alcanzan un alto precio en el mercado regional, nacional e internacional, la preferencia por el consumo de estos peces, ha ocasionado en los últimos años el agotamiento de los caladeros, considerando un incremento del 10,6% en la población pesquera registrada entre 1998-2008; solo en el litoral del Pacífico mexicano. La población pesquera está constituida por 158,702 pescadores, agrupados en 1.953 Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, que cuentan con aproximadamente 91.847 embarcaciones menores (CONAPESCA, 2010) dedicadas a la pesca ribereña y que actúan sobre unos stocks limitados y en muchos casos sobreexplotados o que requieren de una adecuada regulación pesquera ya que actualmente se pesca durante todo el año, como es el caso de la pesca del pargo flamenco, la cual está clasificada con el estatus de “Pesquería aprovechada al máximo sustentable” (Carta Nacional Pesquera, 2006).

Muchas bahías costeras son áreas con un gran desarrollo urbano y turístico y en especial las bahías de la península de Baja California en México, son áreas protegidas, o están en proceso de convertirse en parques nacionales, que además de restringir la pesca ribereña, obligan a los pescadores a buscar los escasos recursos pesqueros en sitios más distantes. Es por esto, que la comunidad de pescadores de Bahía Concepción, Baja California Sur, ha bus-

cado la producción acuícola como una fuente alternativa de ingresos para obtener los satisfactorios básicos para sus familias. Los pescadores, organizados en Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera iniciaron en julio de 2006, los tramites, permisos y autorizaciones legales para el cultivo del pargo flamenco, con el apoyo y asesoría del Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA). A un año de inicio de operaciones y \$500.000,00 pesos de inversión, utilizando la tecnología de Avilés-Quevedo *et al.*, 1993 y 2006, para la engorda de pargos en jaulas flotantes, lograron vender un producto fresco, de calidad, buen sabor, textura y presentación (entero, sin eviscerar), con un peso de 450-600 g, un costo de producción de \$58.90 pesos/kg y un precio de venta de \$120,00 pesos/kg (Fig. 1).



Figura 1.- Pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) cultivado en jaulas flotantes en Bahía Concepción, B.C.S., México.

El cultivo de los pargos (*Lutjanus* sp.) se inició en 1990 en el Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP La Paz-INAPESCA) en Baja California Sur con la asesoría de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón, quién entrenó a los técnicos en el diseño e instalación de jaulas flotantes, en la aplicación de las técnicas de colecta y traslado de peces marinos, y en la operación y mantenimiento del cultivo del pargo raicero, *Lutjanus aratus*, pargo alazán, *L. argentiventris*; pargo flamenco, *L. guttatus* y huachinango del pacífico, *L. peru* (Avilés *et al.*, 1993; 1996, 2002, 2006). Los resultados de esta experiencia, se han aplicado en la engorda del pargo flamenco y el huachinango en jaulas flotantes, en nueve estados del Pacífico mexicano (B.C.S., Son., Sin., Nay., Jal., Col., Mich. Gro. y Oax.). Por otro lado, los resultados en el manejo de la reproducción y alimentación de los reproductores de pargo flamenco en el CIAD-Unidad Mazatlán y CRIP-La Paz (Fig. 2), han permitido avanzar en la producción de huevos, larvas y juveniles de alta calidad de esta especie (Alvarez-Lajonchère, 2005 y Alvarez-Lajonchère *et al.*, 2007), tecnología que actualmente utiliza la empresa Ale-vines de México, S.A. de C.V.



Figura 2.- Planta Piloto del CIAD-Unidad Mazatlán, operada por Alevines de México, S.A. y CRIP-La Paz para la producción de peces marinos como el pargo flamenco *L. guttatus*, botete diana *Sphoeroides annulatus* y el jurel *Seriola lalandi* (Cortesía de L.S. Alvarez-Lajonchère y M.A. Avilés-Quevedo).

Objetivos

1. consolidar una tecnología de cultivo bajo un aprovechamiento sostenible,
2. producir peces de máxima calidad en un ambiente de higiene y seguridad,
3. crear fuentes de trabajo alternativo para los pescadores, y
4. generar negocios rentables en el corto plazo bajo un manejo ecosistémico.

Metodología

El cultivo del pargo flamenco que se implementó con los pescadores de Bahía Concepción en Baja California Sur, persiguió manejar un sistema de producción acuícola sostenible, bajo un esquema de comanejo, un enfoque ecosistémico y la responsabilidad de los sectores involucrados (Fig. 3). Actualmente, el cultivo de pargos depende en su mayoría de la captura de juveniles que entran a la bahías, debido a que por el momento no se cuenta con suficiente producción comercial de “semilla” de laboratorio; aunque en la último ciclo de producción, se contó ya con crías producidas por la empresa Alevines de México, S.A. que opera en la Planta Piloto del CIAD-Unidad Mazatlán, que permitió la disponibilidad de este insumo básico a un precio de \$9,00/ pieza. Por otro lado, en el CRIP-La Paz también se logró la producción de medio millar de juveniles de 4-5 g que se llevaron a la pre engorda en jaulas flotantes.

El programa del cultivo de pargos, se inició con el apoyo del gobierno, para que las instituciones de investigación realizaran la investigación aplicada a la larvicultura, y que una vez desarrollada la tecnología, la empresa privada pudiera invertir en la producción piloto y posteriormente en la producción comercial. Al mismo tiempo, se realizó el trabajo para conseguir los permisos de acuicultura y autorizaciones de la distintas dependencias federales,

estatales y municipales que ordenan, regulan y vigilan la acuicultura, como la CONAPESCA, el INAPESCA, la SEMARNAT, la SEMAR, Capitanía de Puerto, Señalamiento Marítimo, Secretaría de Pesca, Dirección de Fomento Pesquero, Administración Portuaria, etc. Por otro lado, se trabajó a lo interno de la comunidad de pescadores en la organización: en asociaciones, cooperativas o unión de pescadores, para que con el apoyo de los asesores técnicos y colaboración de los centros de investigación, se evaluaran, beneficiaran, valoraran y administraran la extracción de los organismos asociados al cultivo en las jaulas flotantes, a través de la responsabilidad y respeto al trabajo y al ambiente. De tal manera, que su cumplimiento, permitió planear, desarrollar y manejar los recursos marinos de tal forma que satisficieran las múltiples necesidades de la comunidad, sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones, beneficiando y cuidando los ecosistemas marinos.



Figura 3.- Esquema de comanejo para una producción acuícola sostenible bajo un enfoque ecosistémico para el cultivo de pargo en jaulas flotantes en Bahía Concepción, Baja California Sur, México.

El proyecto de cultivo implicó el registro diario de la cantidad de alimento suministrado y el comportamiento de los peces en cautiverio, el entrenamiento y capacitación continua de los pescadores (futuros acuicultores), quienes dos veces al día registraron la temperatura, el oxígeno disuelto y la salinidad para crear una base de datos ambientales en el sitio de cultivo. Además, se realizó la revisión diaria de las redes, cabos y herrajes del fondeo y trampas para registrar la abundancia, diversidad y estacionalidad de las especies asociadas al cultivo. Por otro lado, mensualmente se realizaron biometrías para analizar factor de condición, ajustar la

ración alimenticia diaria, estimar tasa de conversión alimenticia, buscar parásitos y evaluar la condición gonádica. Asimismo se realizaron análisis de bacterias coliformes y la composición del fitoplancton en el agua colindante, la diversidad de las especies asociadas y la fotografía del sustrato adyacente a las jaulas de cultivo para evaluar el impacto en el ambiente.

Identidad: *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) conocido popularmente como pargo flamenco, pargo lunarejo, pargo de la mancha o huachinango, se caracteriza por su color rosa-carmesí a rosa amarillento con un lustre plateado y con bandas angostas oblicuas de un tono verde dorado a cafés, se distingue por una mancha negra o ceniza atrás y debajo de la mitad de la aleta dorsal.

Distribución y habitat: el pargo flamenco es un pez demersal que habita en zonas rocosas en profundidades de 3-30 m; aunque en sus estadios juveniles se pueden encontrar en bahías y lagunas costeras. La especie se distribuye en la franja tropical del Pacífico Occidental desde el Golfo de California, México, hasta Ecuador.

Hábitos alimenticios: en su medio natural, los pargos son carnívoros, consumen peces pequeños, cangrejos, camarones, y moluscos como el calamar, pero se adaptan fácilmente al alimento seco balanceado.

Reproducción: el pargo flamenco es un desovador parcial que se reproduce casi todo el año como se muestra en la figura 4, y tabla I.

Tabla I.- Periodos reproductivos del pargo flamenco *Lutjanus guttatus* en algunos estados del Pacífico mexicano.

Periodo de madurez	Edad y tamaño mínimo de madurez	Referencia
Se reproducen durante todo el año en las costas de Colima, con tres periodos de máximo desove: abril-mayo, agosto-septiembre y noviembre.	3 años, peso de 370 g y 30 cm de Lt	Espino-Barr <i>et al.</i> 2003 y 2004
En Michoacán, se encontraron los mismos periodos de desove designando septiembre como el mes de desove masivo.		Ruiz-Luna <i>et al.</i> , 1985
En Guerrero, se identificaron tres periodos de desove: abril-mayo, julio-septiembre y noviembre.	29,5 cm de Lf.	Santamaría-Miranda <i>et al.</i> (2003)
En Sinaloa, se reproduce asincrónicamente con picos de desove en primavera, otoño e invierno.		Piñon-Gimate, 2003
En condiciones de laboratorio y con temperaturas de 25 a 30°C el desove se prolongó de junio a octubre/2010 en el CRIP-La Paz	43,5 cm de Lt 1100 g Pt	Este estudio



Figura 4.- Gónada madura de hembra y macho de *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) mantenidos bajo condiciones de cultivo en jaulas flotantes, en Bahía Concepción, Baja California Sur, México.

Estado del cultivo

El cultivo de los pargos se realiza en pequeña escala, en jaulas flotantes ubicadas en la costa, en cuerpos de agua protegidos de siete estados del Pacífico mexicano (Baja California Sur, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca). También se está cultivando en otros países como Costa Rica, Panamá y Colombia.

La experiencia en Baja California Sur, muestra que en condiciones de cultivo, lo adecuado ha sido la alimentación con dietas secas disponibles comercialmente, que cubren el perfil nutricional de los pargos, con un contenido de 44-45% de Proteína, 18% de Lípidos, 0,9% de Fósforo y una buena mezcla de vitaminas y minerales. Aunque el alimento balanceado es caro (\$15-19,00 pesos/kg) éste es altamente asimilable, con una tasa de conversión alimenticia de 1,55, mantiene la condición estable de los peces, proporcionan un crecimiento uniforme, disminuye la cantidad de heces y otros desechos metabólicos. Además que facilita su almacenaje y distribución.

Los especímenes cultivados en jaulas flotantes se observan maduros a partir de que

alcanzan los 360 g. El pico reproductivo se puede presentar de abril a noviembre cuando el agua del mar se encuentra entre los 25 y 30°C (Fig. 5). El hecho de que este pargo se reproduzca antes de alcanzar el tamaño comercial (500/600 g) no afecta la producción de biomasa, ya que son reproductores asincrónicos, con lo cual, no se afecta la tasa de crecimiento y no se incrementan los costos en el consumo de alimento. Sin embargo, este hecho sí produce un efecto “positivo” sobre el ecosistema, al incrementar la población de pargos a través de las larvas y alevines que se producen de los desoves voluntarios de los peces en cultivo. Por lo que el cultivo de pargo flamenco en la jaula, forman en sí un banco de reproductores que permite la permanencia de las crías cerca de la jaula en busca de refugio y alimento. Por lo anterior se justifica conservar bancos de reproductores en jaulas flotantes que permitirán mantener a la población en continua recuperación.

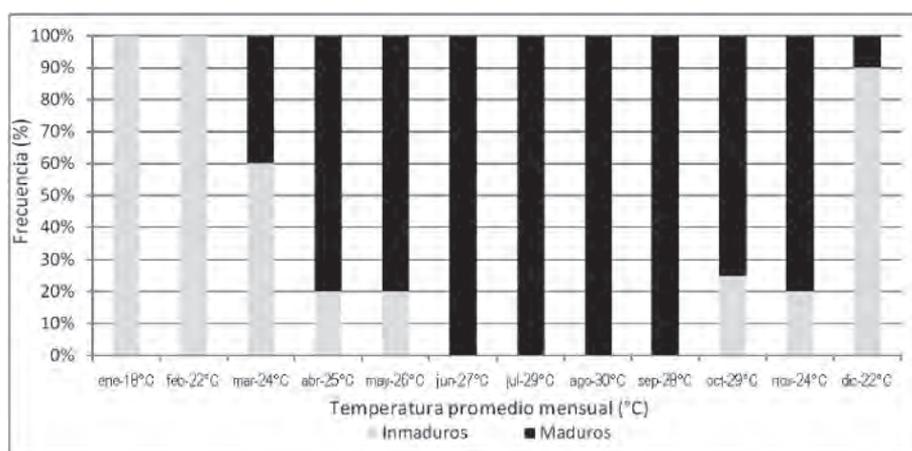


Figura 5.- Temperatura (°C) promedio mensual del agua marina superficial y frecuencia (%) de especímenes inmaduros y maduros de pargo flamenco en condiciones de cultivo en jaulas flotantes en Bahía Concepción, Baja California Sur, México.

En Bahía Concepción, B.C.S., el pargo flamenco se cultiva actualmente en densidades de 5 kg.m⁻³ debido a la reducida disponibilidad de semillas de laboratorio y a la dispersa distribución de los juveniles de esta especie en la bahía. El cultivo del pargo flamenco se realiza en jaulas flotantes de 5x5x5 m, con un crecimiento que varía de 1,5 a 2,9 g/día (Fig. 6). El precio de producción estimado en Bahía Concepción, B.C.S. es de \$58,90 pesos/kg y el precio de venta actual es de \$120.00 dls/kg para los peces de 500 a 600g en presentación entero fresco, sin eviscerar.

Como preparación para la cosecha, se hace un encierro con una red de cerco con hilo de seda de luz de malla de 8 mm y 50 m de largo por 15 m de ancho para evitar dañar a los peces dentro de la jaula (Fig. 7), se selecciona el número de peces que dan el peso requerido para la venta, estos se colocan en una jaula pequeña y se dejan dos o tres días sin comer, mientras

se prepara lo necesario para el empaque y traslado. La cosecha se realiza con ayuda de dos buzos en las primeras horas de la mañana, para que el pescado llegue fresco al distribuidor y consumidor final.

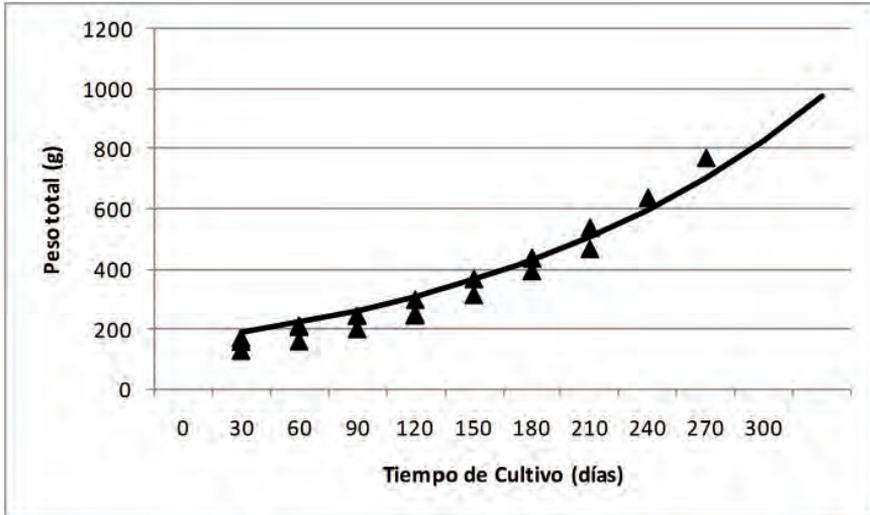


Figura 6.- Incremento mensual en peso (g) del pargo lunarejo (*Lutjanus guttatus*) cultivado en jaulas flotantes.



Figura 7.- Cosecha con red cerco de seda y redes de cuchara para la selección de los pargos que permanecerán en ayuno para limpiar sus intestinos en su preparación para el traslado al sitio de venta.

Para el traslado se utilizan cajas, térmicamente aislada (Fig. 8). Cada caja lleva la clave del permiso de acuacultura, fecha de cosecha, número de peces, peso promedio y peso total. Seguidamente se embarca en avión y llega al consumidor antes de las 12 horas, posteriores a la cosecha. El producto es vendido entero, a través de una empresa distribuidora que abastece a los principales restaurantes del país.



Figura 8.- Disposición y presentación del pescado entero en el empaque y bolsas de gel congelado que mantendrán la temperatura dentro de la caja térmica.

Actualmente, los costos de producción son altos (\$58.90 pesos/kg), debido que se depende de la importación de la dieta (\$15.00-20.00 pesos/kg) y de la compra de alevines en \$9.00 pesos/pieza; sin embargo, en la tabla siguiente, se hace un análisis de costo-beneficio (Tabla II) en el que encontramos una utilidad de \$1,051,225.00 pesos, sin considerar el tipo de financiamiento, impuestos, pago de permisos, servicios y estudios. Sin embargo, con este análisis económico orientativo, es posible incrementar la capacidad de producción, crecer y mejorar la calidad de vida de los piscicultores.

Aún nos faltan algunos años de experiencia para consolidar el cultivo de peces marinos, para obtener crías más baratas y dietas nacionales de igual calidad a la importada. Tenemos mucho que aprender de los errores y éxitos de los países industrializados. Los pescadores ribereños mexicanos están esperando la oportunidad y los apoyos para aplicar estas técnicas de producción de una manera rentable y sostenible. Además de que también, los pescadores pueden aprovechar las especies asociadas al cultivo de peces marinos en jaulas flotantes, como son las más de 35 especies de peces que se presentan a lo largo del año y las especies bentónicas como el pepino de mar, y moluscos bivalvos como el ostión, almeja catarina, almeja concha nácar y callo de hacha, todo esto gracias al efecto de agregación de peces que tiene la jaula, similar a un arrecife artificial.

Tabla II.- Análisis económico orientativo para evaluar el Costo-Beneficio del cultivo del pargo flamenco, bajo una densidad de 30 kg.m³, en una unidad de 10 jaulas flotantes de 5x5x5 m³ operada por pescadores ribereños de Bahía Concepción, Baja California Sur, México.

CONCEPTO			Pesos m.n.
INVERSION			\$287.000,00
10 Jaulas de 125m ³ (5x5x5m)			\$150.000,00
Lancha y motor			\$87.000,00
Redes y enseres para acuicultura			\$50.000,00
COSTOS DE OPERACIÓN			\$1.082.025,00
Compra de 37.500 peces \$9,00/pez			\$337.500,00
Compra de alimento 58,5 toneladas			\$488.775,00
Combustibles y lubricantes			\$24.000,00
Empaque			\$36.750,00
Dos operarios \$7500,00 pesos m.n./mes			\$195.000,00
ANALISIS COSTO-BENEFICIO			
Producción estimada (18,375 toneladas)			
Precio de venta \$120,00/kg		INGRESOS	\$2.205.000,00
Amortización 25%		AMORTIZACION	\$71.750,00
		COSTOS	\$1.082.025,00
		UTILIDAD	\$1.051.225,00

Referencias

- Alvarez-Lajonchère, L.S. 2005. La escala piloto: etapa esencial que asegura el éxito de los planes comerciales. *Panorama Acuicola Magazine Vol. 10, No.3: 14-16*
- Alvarez-Lajonchère, L.S., L. Ibarra-Castro, N. García-Aguilar, Z. Ibarra-Zatarain. 2007. Manipulación y nutrición de reproductores de peces marinos. *Panorama Acuicola Magazine Vol. 13, No.1: 10-24*
- Avilés-Quevedo, A., M. Iizawa. 1993. Manual para la construcción y operación de jaulas flotantes para el cultivo de peces marinos. SEPESCA/JICA, Mex. 35 p.
- Avilés-Quevedo, A., J.M. Mazón-Suástegui. 1996. Cultivo de peces marinos. 651-684 En:

- M. Casas-Valdez, G. Ponce-Díaz (eds). Estudio del Potencial Pesquero y Acuicola de Baja California Sur. SEMARNAP, Gob. de Baja California Sur, FAO, UABCS, CIBNOR, CETMAR. Vol. II 693p.
- Avilés-Quevedo, A., F. Castelló-Orvay. 2002. Avances en el Cultivo Experimental de Pargos (Pisces: Lutjanidae) en México. En: A. Silva (ed.). *Acuicultura en Latinoamérica*. X Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 3° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Santiago, Chile. (en prensa).
- Avilés-Quevedo, A. 2006. Engorda de pargos en jaulas flotantes. 73-79. En: M. Hernández, C. Rangel, M. Garduño, I. Mora (eds.). Mem. 2da Reunión de la Red Nacional de Cultivo de Peces Marinos, y 2do. Foro Internacional de Acuicultura. Hermosillo, Son. 1-3 de diciembre de 2005. ISBN968-800-704-8, SAGARPA-INP. 176p
- CONAPESCA 2010. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2008. 2008. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. <http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx>
- Espino-Barr E., Cruz-Romero M., García-Boa A. 2003. Especies marinas con valor comercial de la costa de Colima, México. CONABIO-INP-CRIP Manzanillo, México. 106p.
- Espino-Barr E., Cabral-Solis G., García-Boa A., Puente-Gómez M. 2004. Especies marinas con valor comercial de la costa de Jalisco, México. SAGARPA-INP-CRIP Manzanillo, México. 145p
- Piñón-Gimate A. 2003. Contribución al conocimiento de la biología de las especies. *Hoplapagrus guentherii*, *Lutjanus argentiventris*, *Lutjanus colorado* y *Lutjanus guttatus* de la Bahía de Mazatlán y Santa María la Reforma. Tesis de Maestría. UNAM, México
- Ruiz-Luna A., Girón E., Madrid J., González A. 1985. Determinación de edad, crecimiento y algunas constantes biológicas del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols, Murphy, 1920). *Mem. VIII Congr. Nal. de Zool.* pp. 189-201.
- Sánchez Jerez P., Bayle J. 2007. Cuarenta toneladas de peces viven junto a las granjas marinas. (*Panorama Acuicola on line 2007-03-26*) en: <http://www.panoramaacuicola.com/>
- Santamaría-Miranda A., Elorduy-Garay J.F., Villalejo-Fuerte M., Rojas-Herrera A.A. 2003. Desarrollo gonadal y ciclo reproductivo de *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 51: 489-502

Tecnología de perlicultura en abulón

Monteforte*M., Bervera H.

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR).

*Email: montefor04@cibnor.mx

Resumen

Este trabajo se originó a principios del 2003 por solicitud de una pequeña empresa mexicana, engordadora-enlatadora de medallón de *Haliotis rufescens* proveniente de laboratorios externos, ubicada en la costa del Ejido Eréndira, Pacífico norte de Baja California, México. A partir de un reconocimiento previo en el sitio se elaboró un proyecto para adaptar y validar tecnología de perlicultura, y un guión de desarrollo socioeconómico regional con base en el valor agregado, actividades paralelas y sinergias regionales-fronterizas que se derivarían. El proyecto se concibió como una búsqueda de futuros alternativos para la comunidad del Ejido, a la cual encontramos en franca desventaja ante modelos de desarrollo excluyentes. En la presente exposición se describen y discuten los experimentos y los resultados obtenidos en la adaptación y validación de la perlicultura, examinando puntualmente la factibilidad y modelos de uso. Igualmente se hace un análisis de las perspectivas en un mercado de lujo elitista y competitivo ante la dinámica global del siglo 21, concluyendo que los criterios predictivos han perdido certidumbre incluso a breve plazo. Con base en la Historia Ambiental de la pesca, el comercio y el cultivo de nácar y perlas en el mundo, pretendemos aportar aquí algunas soluciones a la problemática que enfrenta actualmente la región abulonera de la Península de Baja California.

Palabras clave

Perlicultura, abulón, historia ambiental, desarrollo regional, Baja California.

Introducción

La perlicultura es quizá la tecnología acuícola más antigua del mundo, y es un vector primario en la fascinante Historia mundial de la pesca, el comercio y el cultivo de nácar y perlas (Cariño y Monteforte, 2006). Desde su origen en China (entre el siglo 5 A.C. y el 1 D.C. según diferentes historiadores), las Perlas de Buda se producían implantando figurines de Buda fabricados en piedra, porcelana, madera, marfil, plomo, etc., en las valvas de mejillones de agua dulce, como *Hyriopsis schegeli* y *Cristaria plicata* (Fig. 1). En los 1790s Carl Linnaeus dio inicio a la investigación científica sobre la perlicultura, aunque las granjas perleras nacieron más de cien años después. En la historia de la ciencia y la tecnología en estos temas destacan pioneros como Louis Boutan, William Saville-Kent, Gaston Vives, Cyril Crossland, Martin Coeroli, Phillipe Cabral y Quasim Alagarwami. Recomendamos la lectura de tres eventos clave en la conformación del Mundo Perlero: uno fue en 1926, cuando Mikimoto Pearls presenta en el mercado internacional las primeras perlas libres, cultivadas en *Pinctada martensii* (Cariño, 1996); otro, es el trabajo póstumo del Profesor Denis George, donde él demuestra que Japón no es la cuna de las granjas perleras ni de la perlicultura, como muchos aun suponen (George, 2008), y finalmente, la historia de Gastón Vives y la Compañía Criadora de Concha y Perla, en La Paz, Baja California Sur (1902-1914), el primero y más grande emporio perlero jamás conocido en el mundo (Cariño y Monteforte, 1995).

Hoy la información científica y tecnológica sobre el cultivo de nácar y perlas está sistematizada desde hace más de un siglo en miles de trabajos fichados. Junto con la industria perlera, el flujo de conocimiento multisectorial, multidisciplinario y cibernético ha crecido aceleradamente en los últimos 10 años (Southgate y Lucas, 2008). Sabemos que los procedimientos de cultivo extensivo y perlicultura no son muy diferentes entre las especies, aunque varían sensiblemente las instalaciones, artes de cultivo y logística operativa. Además las distinciones en función de cada especie y de la idiosincrasia regional pueden ser considerables.

Aunque la gema de perla sigue siendo elusiva, ya no es magia sino aprendizaje práctico. La producción moderna de Mabé (nombre comercial de la media-perla) se diferencia poco de la milenaria tecnología china. No importa la droga o terapia relajante, o la herramienta para agujerar la concha, o si se usan alambres, tornillos y tuercas o pegamentos para adherir casi cualquier forma en plástico, resinas, porcelana, acero inoxidable, etc. (Fig. 2). Teóricamente es simple, pero no lo es tanto si se persigue un producto de alta calidad y tamaño, con niveles operativos rentables. Además de Mabé en ostras perleras y abulones, se conocen experimentos positivos en *Astrea undosa*, *A. gibosa*, *Trochus niloticus* y *Strombus gigas*. Pruebas más recientes en escalopas y ostiones han dado resultados interesantes.

Por el contrario, la cirugía de perla libre requiere una curva de aprendizaje relativamente larga que incluso se relaciona con la personalidad de los practicantes (p.ej. concentración,

paciencia, movimientos delicados, pulso firme). Es necesario intentar miles de ensayos prueba/error antes de alcanzar una tasa de éxito rentable mínima del 35%. Expertos en *Pteria sterna* usaron poco más de 7,000 ensayos (Nava *et al.*, 2000); en las especies comerciales de *Pinctada* la curva oscila entre 5,000 y 10,000 ensayos a corto plazo (menor dificultad en especies pequeñas que en mayores), o años de entrenamiento con lotes pequeños como el caso de *P. maxima* y *Pt. penguin*, las gigantes de su respectivo género en la familia Pteriidae. Hasta 2008, casi la totalidad de la industria perlera mundial ha reposado en el cultivo de algunas especies de *Pinctada* y *Pteria*. Cabe citar aquí los trabajos poco conocidos de La Place Bostwick, quien en 1935 obtuvo por primera vez perla libre mediante cirugía en abulón, *Haliotis fulgens* o *H. rufescens* en California, USA (Boone, 1935).

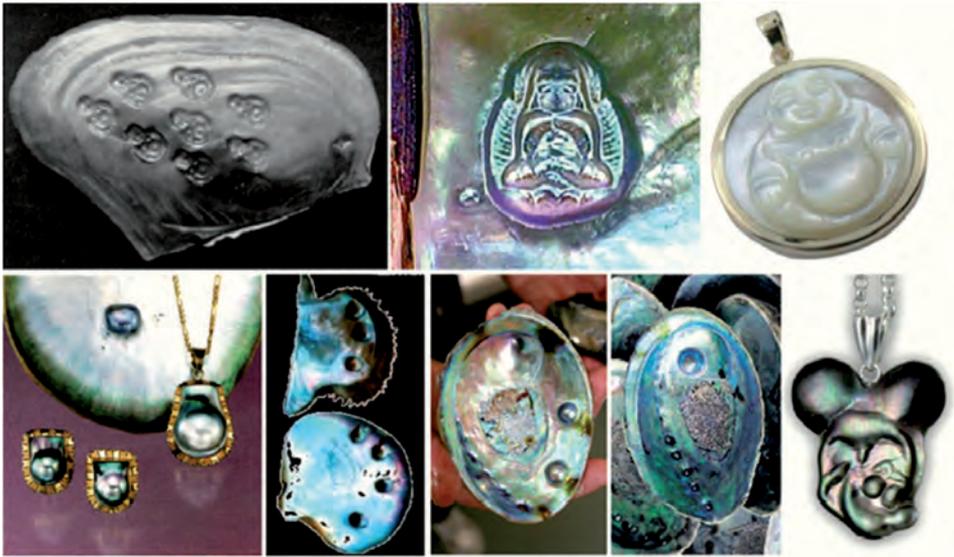


Figura 1.- Esta valva de un mejillón perlero de China con Perlas de Buda “vivas” es contemporánea de Carl Linnaeus (arriba, derecha). Arriba al centro (foto 2), un Buda nacarado en *Pinctada fucata*. Medallones similares al que se muestra arriba a la izquierda, portaban monjes y peregrinos en los monasterios de China y Tibet. Con pocas variaciones, la técnica de perlicultura de Mabé es la misma (fotos inferiores). El conocido personaje de Walt Disney (abajo, izquierda) es la técnica de *icon-pearl* que desarrollamos en conjunto con la empresa estadounidense, Island Pearls-Biogem, LCC.

Estado del arte en abulones y ostras perleras

Abulones y ostras perleras protagonizan episodios históricos propios y en diferentes contextos y temporalidades; sin embargo, ambos grupos comparten eventos de intensa pesquería hasta casi la extinción, con origen en el valor del nácar en la enorme industria Euro-

pea de botones y ornamentos, así como en adornos de palacios y templos, además del valor gourmet del abulón. Las perlas naturales eran accidentes bienvenidos que, en el abulón, por lo general son rarísimas en todos los sentidos. Tanto en ostras perleras como en abulones se establecieron políticas de gestión pesquera, y a los científicos se les encomendó la tarea de desarrollar cultivo y perlicultura para salvar de la ruina a comerciantes y joyeros. El abulón es básicamente un recurso pesquero, mientras que en las ostras perleras la perlería se apoya en las granjas de cultivo, con excepción de Australia donde gobierno y empresarios ejercen estricto manejo sobre las poblaciones salvajes y las granjas de *P. maxima*.

Las granjas de ostras perleras se desarrollaron en la primera mitad del siglo XX en Australia, México y Sudán, mucho después de que se logró entender cómo producir perlas comercialmente. La industria empezó a consolidarse fuera de Japón a partir de los 1960s, expandiéndose rápidamente en el Indo-Pacífico. Con excepción de India, China y Japón, la proporción de generaciones de laboratorio en el mercado de nácar y perlas es aun secundaria, siendo el cultivo extensivo lo más común en las granjas productoras, en particular las que trabajan con especies de mayor tamaño.

Por su parte, las granjas comerciales de abulón son más recientes (principios de los 1970s en California, USA). Actualmente están mejor representadas, son más eficientes y cubren más especies que en ostras perleras. Buena parte de lo que se produce es “baby abalone” o medallón, mucho de ello en laboratorios e instalaciones en tierra. Pareciera que la pesquería aporta un número menor de efectivos, pero el valor agregado gourmet es considerable. No obstante, la perlicultura comercial en abulón apenas se inició a mediados de los 1990s (Fankboner, 1993, 1994) y su crecimiento ha sido lento. Es posible que este atraso se deba más bien a obstáculos políticos y económicos en el manejo del recurso, que a impedimentos de índole médico-veterinario o técnico:

1. Costo acumulado hasta 24 meses después de la talla medallón (4 a 6 años), para alcanzar standards en Mabé de calidad superior a la media (13 mm diámetro y 1 mm espesor de nácar, o más en ambos parámetros), lo que da 6 a 8 años contra 3 o 3,5 en ostras perleras.
2. En los principales países productores los trámites de licencia son caros y complejos, sujetos a cuotas estrictas, innumerables obligaciones de difícil acatamiento, y multas draconianas. Por lo general, las granjas perleras tienen menos obstáculos, ya que no se tocan las poblaciones naturales.
3. Exigencias a los granjeros de proveer individuos de laboratorio para repoblamiento. La mayoría carece de capacidad para pagar los costos de transferencia, desarrollos propios y/o instalaciones, los cuales rebasan considerablemente a los de manejar una granja rentable de ostras perleras.
4. Supuesta hemofilia en *Haliotis* que intimida en separar organismos sacrificables

sin garantía de éxito. Los niveles de riesgo implican curvas de aprendizaje impredecibles y de alto costo.

El resultado es que más de 1500 granjas de ostras perleras producen más de 40 t de perla anualmente. China ha logrado desarrollar masivamente el cultivo de ciclo completo y la perlicultura en *Pinctada chemnitzii*, introduciendo una nueva estructura en el negocio de las granjas perleras, tanto en el sector comercial de la perla pequeña (“Akoya” de India y Japón, y de la región Caribe-Antillas) como en el canales de lujo (“South Seas” de las especies del Indopacífico y del Pacífico Tropical Americano) (Hisada y Fukuhara, 1999; Muller, 2005; Ponia, 2006; Tisdell y Poirine, 2008). La información de absolutamente todo el proceso es abundante y de acceso público. Por el contrario, solamente 12 o 15 granjas abuloneras-perleras producen unas 300 mil Mabé (Hutchins, 2005). El proceso de cultivo—especialmente en tierra—es más complejo y especializado, y de mucho mayor costo operativo que en las ostras perleras, cuyo cultivo podría ser calificado de rústico bajo estos parámetros.

Validación de la perlicultura en abulón, caso *Haliotis rufescens*

Después de algunas pruebas de anestesia encontramos respuesta aceptable utilizando exposición a CO₂ por 10 min y posteriormente a menthol por 10-15 min. Se recomienda probar otras terapias pues es posible que existan variaciones por especie (Monteforte *et al.*, 2004; Monteforte y Bervera, 2010 a). Los ensayos de perlicultura se aplicaron en 200 individuos con mínimo de 65 mm de altura de la concha (aproximadamente 4 años de engorda). En 160 de ellos se practicaron implantes marginales de Mabé distribuyendo 1, 2 o 3 núcleos semiesféricos (aprox. 12 mm de diámetro por 9 mm de alto) (Fig 1, foto 6). A 5 de los abulones de mayor tamaño se les aplicó implante tipo ápex (Fig. 1, foto 7). En los 40 abulones restantes se realizaron cirugías de perla libre adaptando el procedimiento tradicional de las ostras perleras (inserción de manto y nucleación en la gónada). El operador debe doblar sus instrumentos para la ergonomía propia y la del abulón. Se fabricó un base especialmente diseñada para sujetar al abulón en posición dorsal (Fig. 2). Las revisiones en los animales tratados fueron bimensuales sin sacrificio, observando el proceso de formación de las perlas, y realizando conteos comparativos de supervivencia con respecto a organismos no tratados.



Figura 2.- Para la cirugía de perla libre en abulón se utilizan los instrumentos convencionales de perlicultura y otros instrumentos quirúrgicos comerciales. Es necesario adaptarlos ergonómicamente doblando cada uno a la forma adecuada. A la izquierda se muestra la base diseñada en el CIBNOR, donde se coloca a un abulón anestesiado en posición dorsal.

Doce meses después, la cosecha de Mabé rebasó toda expectativa (Monteforte y Bervera, 2010 a, b). Las perlas de Eréndira se convirtieron en bono de alto valor agregado a propuestas que hasta entonces las instancias financieras habían considerado poco viables (laboratorios e instalaciones en tierra para medallón y bisutería). Se pudo apreciar la gran ventaja de las especies mexicanas con respecto a otras granja perleras en cuanto al tamaño de la perla y la excelencia del nácar.

Además, los abulones respondieron favorablemente a la cirugía de perla libre, confirmando los experimentos de La Place Bostwick. Estudios anteriores con varias especies (Armstrong *et al.*, 1971; Aquilina y Roberts, 2000; Gibson *et al.*, 2002), confirman buena tolerancia a ciertos anestésicos y terapias, así como capacidad de cicatrización de heridas no profundas en manto y músculo, en *H. iris*, *H. cracherodii* y *H. rubra*. ¿La hemofilia es en realidad un umbral de tolerancia hacia heridas más graves, como las que causaría una herramienta de hierro en pesquería? Los procedimientos que aplicamos en *H. rufescens* parecen ser adecuados (Fig. 3): los animales reconstruyen y cicatrizan, y forman un saco perlero en torno al núcleo, con evidencias de nacarización en proceso. Tal vez se necesitarían adecuaciones en función de la especie aunque la aproximación es más sencilla que en ostras perleras ya que los órganos están más expuestos. Naturalmente, la curva de aprendizaje podría desarrollarse bajo márgenes de seguridad muy estrechos. Habría que poner en balanza el costo acumulado de cada ensayo y, en su caso, diseñar un programa de entrenamiento apoyado rotundamente con la producción en laboratorio.

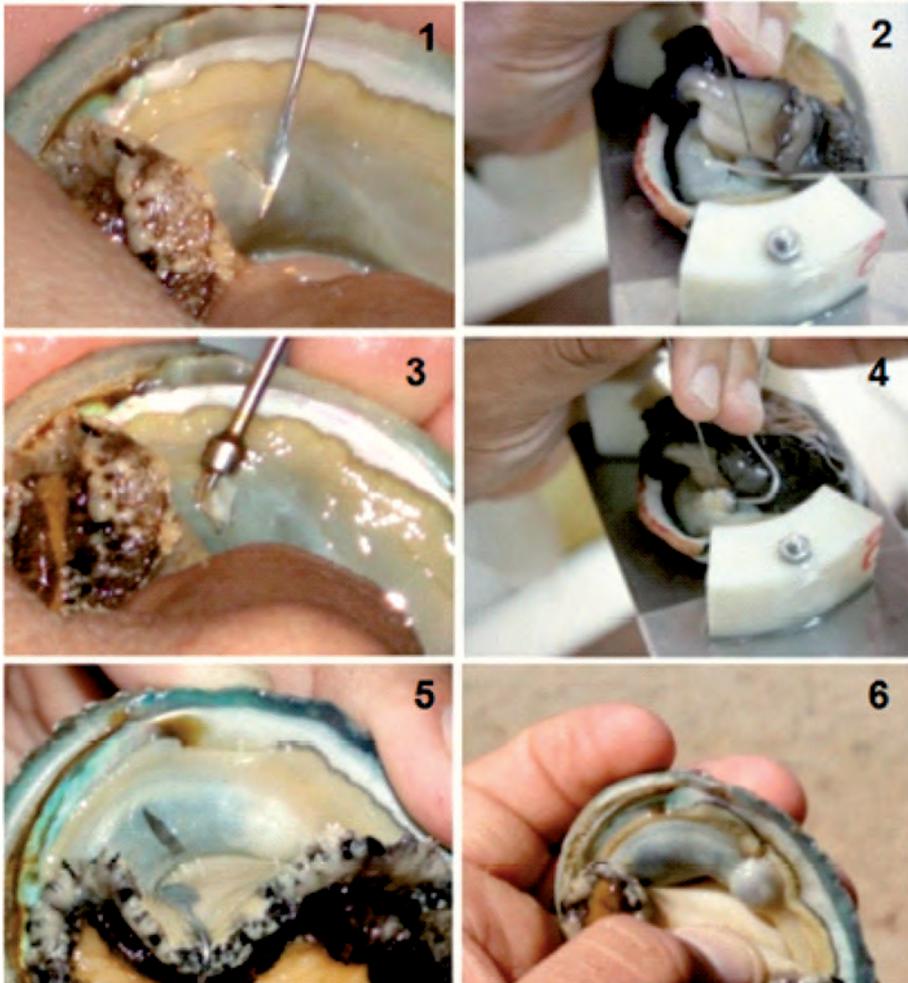


Figura 3.- Procedimiento quirúrgico de perla libre en *Haliotis rufescens*, modalidad anterior-posterior: 1. Incisión en la membrana gonadal, 2. Canalización, 3. Injerto de manto, 4. Nucleación, 5. Cirugía terminada, 6. Una muestra 3 meses después, donde se aprecia núcleo con indicios de nácar.

Discusión y perspectivas

La tecnología de Mabé marginal y ápex que practicó por primera vez Louis Boutan en 1897 con *Haliotis tuberculata*, fue adaptada y modernizada en otras especies, incluso algunos autores llegaron a registrar patentes, como Kan Uno en 1957 y Peter Fankboner en 1994. No obstante, con variaciones meramente mecánicas, todas las granjas perleras actuales aplican el mismo principio que inventó algún monje chino y que Marco Polo llevó después a Europa.

La tecnología de perla libre en abulón tampoco parece ser imposible de desarrollar, aunque el proceso presenta incógnitas y dificultades con niveles de riesgo impredecibles y de alto costo. Si bien en este trabajo logramos demostrar la factibilidad de la cirugía, aun falta más práctica para establecer una producción rentable. Oligatoriamente la curva de aprendizaje debe apoyarse primero en generaciones de laboratorio; los técnicos profesionalizados podrán luego utilizar animales salvajes más grandes y con mejores probabilidades de éxito.

La expansión de la perlicultura en la industria abulonera es sin duda realizable, pues el producto es bello y raro. Pero se enfrentará a un mercado elitista y competitivo, donde el nácar y las perlas han pasado a ser simples ornamentos de producción comercial, al alcance de pocos. En los próximos años las granjas perleras se verán envueltas a nivel global en una dinámica compleja donde todo intento de predictibilidad resultaría especulativo. En el contexto de la perlería actual, es improbable que una nueva granja haga negocios millonarios, no obstante, el simbolismo del nácar y las perlas ha sido y continúa siendo un impulso primario en el desarrollo socioeconómico de muchas regiones del mundo. En las regiones abuloneras este potencial beneficiaría de diferentes maneras a comunidades costeras y empresarios, coadyuvando al manejo más sustentable del recurso. Al desarrollar ciencia aplicada al cultivo integral, el bono de valor agregado con perlicultura y joyería podría apuntalar la transformación productiva y proveer soluciones a problemas que son comunes en estas regiones, como en la Península de Baja California donde desde hace años declina la pesca y las poblaciones naturales se encuentran afectadas por infecciones y mortalidad. ¿Tal vez abulones en artes suspendidas y alimentados con algas pre-lavadas no son alcanzados por un factor negativo, el cual probablemente sea de acción bentónica? ¿Sanaría un animal enfermo en esas condiciones? Si las surgencias costeras mueven la infección hacia la superficie, la producción aséptica de ciclo cerrado en tierra sería la última solución. ¿Por qué no? Si la factibilidad integral logra definirse, ésta podría actuar como crédito bancario a largo plazo sobre un plan de desarrollo regional diferente del que, a todas luces, es urgente transformar.

Agradecimiento

Este proyecto fue aprobado por los Fondos Mixtos CONACTY-BC (2004-2006).

Referencias

- Aquilina B., Roberts R., 2000. A method for inducing muscle relaxation in the abalone, *Haliotis iris*. *Aquaculture*, 190 (3-4): 403-408.
- Armstrong D.A., Armstrong J.L., Krassner S.M., Pauley G.B. 1971. Experimental wound repair in the black abalone, *Haliotis cracherodii*. *J. Invertebr. Pathol.* 17 (2): 216-227.

- Boone A. 1935. Pearls made to order by surgical operations. *Popular Science* (March 1935): 24-25
- Cariño M. 1996. The cultured pearl polemic. *World Aquaculture*, 27 (1): 42-44
- Cariño M., Monteforte M. 2006. *Historie Mondiale de Nacres et des Perles: Pêche, Culture et Commerce*. Collection Maritimes, Editions L'Harmattan. France. ISBN 2-7475-9752-0.
- Fankboner P.V. 1993. Pearls and abalones. *Aquacult. Mag.* 19 (6): 28-38.
- Fankboner P.V. 1994. Abalone pearls: Past, present and future. *J. Shellfish Res.* 13 (1): 333-334
- Gibson P.T., Worthington D.G., Blount C., Andrew N.L. 2002. Incidental damage of blacklip abalone (*Haliotis rubra*) by commercial divers in New South Wales, Australia. *J. Shellfish Res.* 21 (2): 787-792.
- Hisada Y., Fukuhara T. 1999. Pearl marketing trends with emphasis on black-pearl market. FAO Corp. Docum. Repository, Field document No. 13. FAO Fisheries and Aquaculture Dep. (www.fao.org/docrep/005/AC890E/AC890E00.HTM)
- Hutchins P. 2005. Culturing abalone half-pearls: The story of the New Zealand Eyris Blue Pearl. Australian Gemmologist (www.australiangemmologist.com.au/abalone_pearls.pdf)
- Monteforte M., Bervera H., Saucedo P. 2004. Response profile of the Calafia pearl oyster, *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856), to various sedative therapies related to surgery for round pearl induction. *J. Shellfish Res.* 23 (1): 121-128
- Monteforte M., Bervera, H., 2010 a. Abalone pearl culture on the West Coast of Baja California Peninsula. *World Aquaculture*, September 2010, 41 (3): 12-17
- Monteforte M., Bervera H. 2010 b. Perlicultura en abulón, *Haliotis rufescens*, y perspectivas para el desarrollo regional en la costa del Pacífico de la Península de Baja California, México. *Panorama Acuícola*, 16(1): 58-63.
- Müller A. 2005. Cultured pearls: update on global supply, demand and distribution (focusing on the pearls from the white-lipped oyster *Pinctada maxima*). Presentation at GemmoBasel 2005 *International Colloquium on Gemmology*. April 29 – May 2, 2005, Basel, Switzerland. 11 pp. (www.hinatatrading.com/GemmoBasel.pdf)
- Nava M., Arizmendi E., Farrell S., McLaurin, D. 2000. Evaluation of success in the seeding of round nuclei in *Pteria sterna* (Gould 1851), a new species in pearl cultura. SPC Pearl Oyster *Information Bulletin*, December 2000, No. 14.
- Ponia B. 2006. Recommendations for Regional Collaboration in Pearl Culture, 2006. Secretariat of the Pacific Community. *5th SPC Heads of Fisheries Meeting* (3-7th April 2006 Noumea, New Caledonia) Information Paper 1.
- Southgate P., Lucas J. (Eds) 2008. *The Pearl Oysters*. Elsevier.

Tisdell C., Poirine B. 2008. Economics of pearl farming. In: Southgate, P. and Lucas, J. (Eds). *The Pearl Oysters*. Elsevier. Chap. 13: 473-498.

Modelo bio-económico para la simulación del cultivo semi-intensivo de camarón

Valdenebro O.

Instituto Tecnológico de Sonora, México, jodilon@itson.mx

Resumen

El continuó crecimiento de la camaricultura ha generado una fuerte competencia entre los países productores que participan tanto en los mercados locales, como en el internacional. Esta situación demanda que las empresas acuícolas tengan que incorporar nuevas tecnologías enfocadas a optimizar económicamente sus sistemas de producción. En este sentido, la tecnología de la información (TI) ofrece diferentes alternativas para que las empresas adquieran ventajas competitivas en este negocio. Una de las herramientas de la TI que ha tenido un gran impacto en las empresas acuícolas de países con mayor desarrollo, es el uso de la computadora en el procesamiento y generación de información para dar soporte al proceso de toma de decisiones. Recientemente, se han generado y aplicado modelos computarizados en el manejo de sistemas de cultivo de diferentes especies e intensidades de cultivo. En el presente documento se presenta un modelo bioeconómico para la simulación del cultivo semi-intensivo de camarón, considerando la tecnología particularmente utilizada en el Noroeste de México. En Sonora y Sinaloa, principales estados en la producción de camarón de cultivo, son aplicadas cosechas parciales con el fin de alargar los ciclos de cultivo y así obtener tallas grandes de camarón, las cuales son más competitivas en el mercado internacional. El modelo considera variables biológicas, de manejo y económicas. Las funciones de algunas variables como la tasa de crecimiento, la tasa mortalidad y la tasa de alimentación, entre otras, pueden ser parametrizadas con información generada en los mismos procesos de producción a nivel comercial. El modelo incluye variables como la capacidad de carga del sistema y los ingresos por venta de camarón de acuerdo a su talla comercial y los costos de procesamiento y comercialización. Así mismo, corre en una hoja electrónica (Microsoft Excel®), es amigable y flexible a cualquier tamaño de granja y a cualquier duración del ciclo de cultivo. El modelo se puede expandir y adaptar a cualquier sistema de cultivo incorporando nuevas variables y parámetros.

Introducción

La reciente participación de Asia en la producción de camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*, ha contribuido a la abundancia de esta especie en el mercado y la significativa caída de su precio (Moss *et al.*, 2005). La competencia entre los países productores de camarón, los rápidos avances tecnológicos y el incremento de la demanda sugieren que la industria global y particularmente en México, necesitan tomar las medidas adecuadas para mantener su viabilidad para competir exitosamente (Martinez-Cordero and Leung, 2004).

El uso de la tecnología de la información (TI), se ha convertido en un factor decisivo para mejorar la competitividad en las empresas de producción de camarón de cultivo. La TI se refiere a la manipulación y procesamiento de la información mediante la tecnología de la computación, la microelectrónica y las telecomunicaciones. Las empresas camaroneras registran en México una brecha con sus homólogas de los países con los cuales se compete en el mercado internacional. Los recientes avances en la TI han tenido un profundo impacto en todas las empresas modernas y la acuicultura se ve como uno de los campos con mayor potencial para su aplicación.

Un diagnóstico reciente señala: “Las empresas en México tienen sistemas informáticos internos muy dispersos, lo que les dificulta tomar decisiones por la falta de integración y sincronización de la información. Para competir, las empresas requieren evaluar su desempeño, tener los medios para tomar decisiones adecuadas y ser oportunos en las acciones emprendidas” (CONACYT-Gob. del Edo. de Sonora, 2006).

Al incorporar nuevas tecnologías de producción, la acuicultura incrementa constantemente la complejidad de sus sistemas. El proceso de toma de decisiones es adicionalmente complicado, dada la naturaleza dinámica y estocástica de los ambientes biológicos, físicos y económicos, de allí que se enfatice la necesidad de adaptar tecnologías de información avanzada como: la instrumentación y control, el manejo computarizado de datos y los sistemas de soporte de toma de decisiones (SSD) para la optimización de los sistemas acuícolas (El-Gayar, 1997).

Una empresa camaronera comprende un sistema complejo de procesos interconectados. La planeación operativa y control de estos procesos requiere de una adecuada toma de decisiones basada en el análisis minucioso de grandes cantidades de datos. Dado el alto riesgo inherente en la toma de malas decisiones, la calidad de los datos y su oportunidad son de primordial importancia para los administradores y técnicos acuícolas. La modelación por computadora es una forma económica y disponible de manipular y generar grandes volúmenes de información. Así mismo, pueden representar un sistema acuícola que no existe o no puede ser manipulado fácilmente. La modelación bio-económica integra, mediante la aplicación de métodos matemáticos, los factores biológicos, técnicos o de manejo y económicos de un sistema de cultivo.

Ha sido fundamental en el manejo de granjas de producción acuícola, permitiendo incorporar tecnología encaminada a optimizar los procesos de producción (Cacho, 1997).

Por otro lado, la simulación es una metodología que facilita la toma de decisiones. Su proceso requiere de la modelación del sistema que se pretende optimizar. Es una de las técnicas cuantitativas de más uso que se emplean para resolver problemas de manejo de sistemas complejos (Shannon, 1988). La simulación por computadora en la acuicultura puede ayudar a entender como la biomasa en cultivo responde a las decisiones de manejo y factores ambientales. Los modelos de simulación bioeconómica permiten examinar el comportamiento dinámico de los costos e ingresos que de las empresas, favoreciendo a los administradores elegir escenarios de producción que maximicen la rentabilidad del sistema (Montoya and Velasco, 2001).

La modelación de sistemas acuícolas ha enfrentando importantes retos como la falta de datos adecuados, los prejuicios y la incorrecta percepción de los modelos, que ha impedido que sus beneficios lleguen hasta los últimos usuarios en las granjas (Piedrahita, *et al.*, 1999). Sin embargo, se ha reportado el uso de sistemas computacionales como el FISHY 2.0 y el AQUASIM PC que incluyen modelos bioeconómicos para la toma de decisiones en granjas de peces y sistemas acuícolas en general (Killcreas, 1988 y Gempesaw, *et al.*, 1993; citados por El-Gayar, 1997). Así mismo, se han desarrollado modelos de simulación bioeconómicos específicos para el manejo de granjas camaroneras semi-intensivas (Martinez and Seijo, 2001) e intensivas (Montoya and Velasco, 2001; Hanson *et al.*, 2006). En los últimos años se han generado sistemas de soporte para la toma de decisiones de granjas camaroneras intensivas (Kam *et al.* 2008) y cultivo de peces tropicales en jaulas flotantes (Halide *et al.*, 2009).

A pesar de los avances logrados en materia de modelación acuícola, no se dispone a nivel práctico de un modelo que permita la simulación de granjas semi-intensivas de camarón bajo el esquema de manejo utilizado en el Noroeste de México, es decir aplicando la tecnología de cosechas parciales. En el presente documento se presentan las principales características de un modelo de simulación dinámico y determinístico orientado a incrementar la competitividad de las granjas camaroneras semi-intensivas de México, permitiendo el análisis bioeconómico de diferentes alternativas tecnológicas y escenarios de producción.

Usuarios potenciales e impacto económico del modelo

En México se producen más 100,000 toneladas de camarón de cultivo en un área mayor de 65,000 ha, generando miles de empleos directos e indirectos principalmente en estados del Noroeste: Sonora, Sinaloa y Nayarit. El cultivo se realiza principalmente en más de 400 granjas semi-intensivas constituidas en pequeñas y medianas empresas, tanto del sector social, como del privado. El modelo de simulación puede ser utilizado por el personal técnico y administrativo de las granjas camaroneras. Solo un reducido grupo de empresas dedicadas

a la producción de camarón de cultivo cuentan con herramientas de análisis cuantitativo para la toma de decisiones. Las empresas conexas de la actividad, instituciones educativas y de investigación, así como instituciones financieras y dependencias gubernamentales del país, son usuarios potenciales del modelo de simulación desarrollado.

Descripción del modelo desarrollado

Las principales características del modelo bioeconómico de simulación son:

1. Incluye las variables más importantes del sistema de producción semi-intensivo agrupadas en tres sub-modelos: el biológico, el de manejo y el económico (Fig. 1).
2. Utiliza la semana como unidad de tiempo discreto, la hectárea como unidad de área y el US dólar como unidad monetaria.
3. Corre en una hoja electrónica (Microsoft Excel®), es flexible a cualquier tamaño de granja y a cualquier duración del ciclo de cultivo. Así mismo, se puede expandir incorporando nuevas variables y parámetros.
4. Incorpora las posibles cosechas parciales como parte del proceso de producción y la capacidad de carga como variable del sistema.
5. Analiza los principales costos variables de operación (siembra, alimentación recambio de agua, fertilización, cosecha, procesamiento y comercialización) y calcula los ingresos derivados de la venta de camarón producido tanto en el mercado nacional como en el extranjero por tallas comerciales, considerando el valor del dinero a través del tiempo.
6. Permite analizar gráficamente el comportamiento de una o más de las variables incluidas en el modelo conceptual (Fig. 1).
7. Genera información realista al utilizar información empírica para parametrizar las formas funcionales de las principales variables biológicas y de manejo.
8. Requiere de información del sistema en particular que se quiere analizar para establecer los parámetros del modelo (Tabla I).
9. Proporciona la información utilizada rutinariamente en los sistemas de producción comercial, mediante la estimación de variables auxiliares (Tabla II).

El modelo fue utilizado para analizar el efecto de de las densidades de siembra y las cosechas parciales en una granja hipotética de Sonora¹ y actualmente se esta utilizando en un proyecto de investigación enfocado a la optimización de las cosechas parciales en una granja comercial del Sur de Sonora.

¹El modelo es parte de la investigación de Tesis del autor para obtener el grado de Doctor en Ciencias en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV-IPN), Unidad Mérida, Bajo la Dirección de la Dra. Silvia Salas.

La siguiente fase del proyecto de investigación es desarrollar un programa de computadora (software) en plataforma Windows, con presentación de resultados en Microsoft Excel®, el cual incluirá el modelo de simulación bio-económica, mencionado anteriormente.

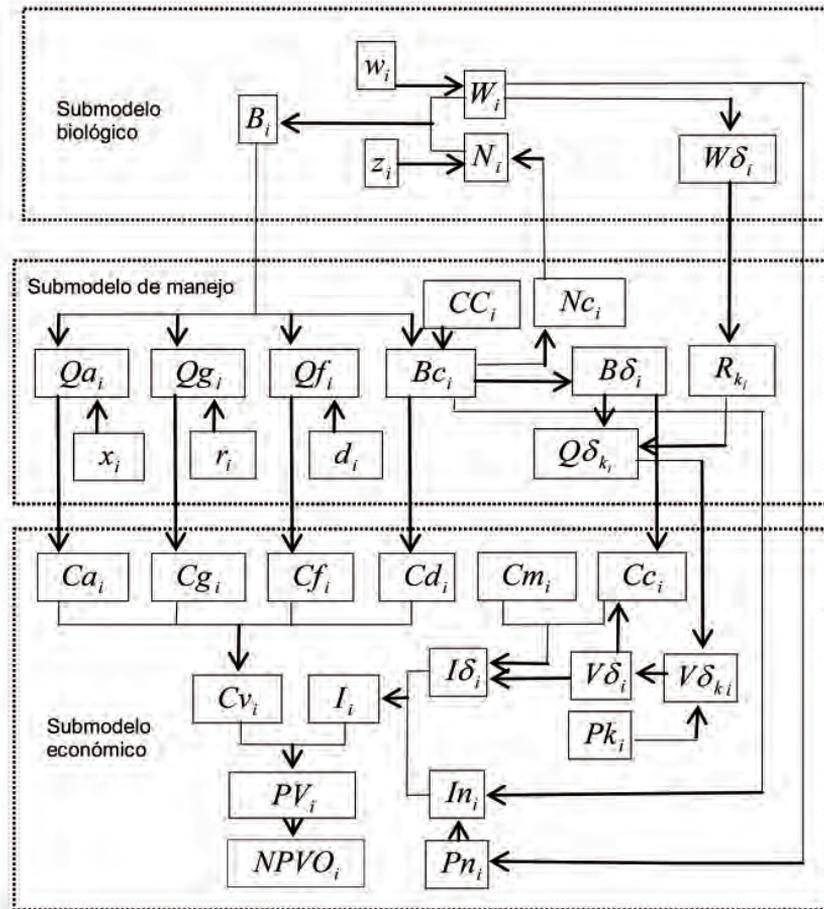


Figura 1.- Modelo conceptual del sistema de cultivo semi-intensivo de camarón blanco con cosechas parciales: W_i : peso promedio, z_i : tasa de mortalidad, N_i : número de organismos, B_i : biomasa en cultivo, $W\delta_i$: peso sin cabeza. CC_i : capacidad de carga, Bc_i : biomasa cosechada, $B\delta_i$: biomasa procesada, Nc_i : número de organismos cosechados, x_i : tasa de alimentación, Qa_i : alimento balanceado, r_i : tasa de recambio de agua, Qg_i : agua de bombeo, d_i : tasa de fertilización, Qf_i : fertilizante inorgánico, $Q\delta_{k_i}$: camarón procesado por talla comercial (TC), $V\delta_{k_i}$: venta de camarón por TC, $V\delta_i$: venta total de camarón por TC, $I\delta_i$: ingreso por venta de camarón, Ca_i : costo de alimentación, Cg_i : costo de suministro de agua, Cf_i : costo de fertilización, Cd_i : costo de cosecha, Cm_i : costo de procesamiento, Cc_i : costo de comercialización, Cv_i : costos variables, VP_i : valor presente y $VPNO_i$: valor presente neto operativo (el subíndice i indica el tiempo discreto). En la tabla anexa se incluye las funciones de cada una de las variables (modelo matemático)

Modelo matemático:

$$w_i = W_g \cdot \text{Exp}(a_w - a_w \cdot \text{Exp}(-b_w \cdot t)) \quad (1)$$

$$W_i = W_{i-1} + w_i, W_0 = W_{sie} \quad (2)$$

$$W\delta_i = (W_i \cdot fcc)/100 \quad (3)$$

$$z_i = a_z \cdot t_i^{-b_z} \quad (4)$$

$$N_i = (N_{i-1} - Nc_{i-1}) - ((N_{i-1} - Nc_{i-1}) \cdot z_i / 100), N_0 = T_{sie} \cdot 10000 \quad (5)$$

$$B_i = (W_i \cdot N_i) / 1000 \quad (6)$$

$$CC_i = a_{cc} + b_{1cc} \cdot t_i + b_{2cc} \cdot t_i^2 \quad (7)$$

$$Bc_i = T_{par} \quad \text{si } B_i = CC_i, Bc_f = B_i \quad \text{si } t_i = Dc \quad (8)$$

$$B\delta_i = (Bc_i \cdot (fcc/100)) / fkl \quad (9)$$

$$Nc_i = (Bc_i / W_i) \cdot 1000 \quad (10)$$

$$x_i = a_x \cdot t_i^{-b_x} \quad (11)$$

$$Qa_i = (((x_i \cdot W_i) / 100) \cdot 7) N_i / 1000 \quad (12)$$

$$r_i = a_r \cdot t_i^{b_r} \quad (13)$$

$$Qg_i = (B_i \cdot r_i) / 1000, Qg_0 = (pe \cdot 10000) / 1000 \quad (14)$$

$$d_i = a_d \cdot t_i^{b_d} \quad (15)$$

$$Qf_i = B_i \cdot d_i \quad (16)$$

$$Q\delta_{ki} = (R_k \cdot B\delta_i) / 100 \quad (17)$$

$$V\delta_{ki} = Q\delta_{ki} \cdot P_{k_i} \quad (18)$$

$$V\delta_i = \sum_{\delta} V\delta_{k_i} \quad (19)$$

$$I\delta_i = V\delta_i - (Cm_i + Cc_i) \quad (20)$$

$$In_i = [(Bc_i) \cdot (Pn_i + W_i) \cdot (1 / fpd)] \quad (21)$$

$$I_i = I\delta_i + In_i \quad (22)$$

$$Ca_i = Qa_i \cdot P_{ali} \quad (23)$$

$$Cg_i = (Qg_i \cdot (T_{cum} \cdot P_{die})) / (T_{rba} \cdot 3.6) / 1 \quad (24)$$

$$Cf_i = Qf_i \cdot P_{fer} \quad (25)$$

$$Cd_i = Bc_i \cdot P_{cos} \quad (26)$$

$$Cm_i = Q\delta_i \cdot P_{pvv} \quad (27)$$

$$Cc_i = (Q\delta_i \cdot P_{com}) + (V\delta_i \cdot T_{cpv} / 100) \quad (28)$$

$$Cv_i = Ca_i + Cg_i + Cf_i + Cd_i, Cv_0 = Cs + Ca_i + Cg_i + Cf_i + Cd_i \quad (29)$$

$$VP_i = (I_i - Cv_i) / [1 + ((r_p + r_u) / 100 / 52)]^i \quad (30)$$

$$VPNO_i = \sum_i VP_i \quad (31)$$

El subíndice i indica el periodo discreto de cultivo en semanas. (en la tabla anexa se incluye la descripción y las unidades de cada una de las variables)

Donde:

Variable	Descripción	Unidad
w_i	Tasa de crecimiento	g/sem
W_i, W_{i-1}	Peso promedio, peso promedio de la semana anterior	g
$W\delta_i$	Peso de camarón procesado (descabezado)	g
z_i	Tasa de mortalidad	%/sem
N_i, N_{i-1}, N_0	Camarones en cultivo, en la semana anterior e iniciales	org/ha
Nc_i, Nc_{i-1}	Camarones cosechados y cosechados en la semana anterior	org/ha
B_i	Biomasa en cultivo	kg/ha
CC_i	Capacidad de carga del sistema	kg/ha
Bc_i	Biomasa cosechada	kg/ha
$B\delta_i$	Biomasa procesada (<i>BP</i>)	lb/ha
x_i	Tasa de alimentación	%/g
Qa_i	Alimento balanceado	kg/ha
r_i	Tasa de recambio de agua	M ³ /kg
Qg_i, Qg_0	Agua de recambio, agua de llenado	mil m ³ /ha
d_i	Tasa de fertilización	kg/kg
Qf_i	Fertilizante	kg/ha
$Q\delta_i$	<i>BP</i> por talla comercial (<i>TC</i>)	lb/ha
$V\delta_{k_i}$	Ventas de <i>BP</i> por <i>TC</i>	dl/ha
$V\delta_i$	Venta total de la <i>BP</i>	dl/ha
$I\delta_i$	Ingreso por venta de <i>BP</i>	dl/ha
In_i	Ingreso por venta en mercado nacional (<i>MN</i>)	dl/ha
Ca_i	Costo de alimentación	dl/ha
Cg_i	Costo de bombeo de agua	dl/ha
Cf_i	Costo de fertilización	dl/ha
Cd_i	Costo de cosecha	dl/ha
Cm_i	Costo del procesamiento	dl/ha
Cc_i	Costo de comercialización de <i>BP</i> por <i>TC</i>	dl/ha
Cv_i	Costos variables	dl/ha
VP_i	Valor presente	dl/ha
$VPNO_i$	Valor presente neto operativo	dl/ha

Tabla I.- Parámetros del modelo

W_{sie}	Peso de siembra	g
fcc	Cola del camarón	%
T_{sie}	Tasa de siembra	org/m ²
T_{par}	Tasa de cosecha parcial	kg/ ha
Dc	Duración del ciclo	sem
pe	Profundidad del estanque	m
R_{k_i}	Camarón por TC	%
fpd	Tasa de cambio peso/dl	
r_p	Rendimiento por nivel de riesgo	%
r_u	Costo de oportunidad	%
P_{k_i}	Precio del camarón por TC	dls/lb
Pn_i	Precio del camarón en mercado nacional	dl/kg
P_{ali}	Precio del alimento balanceado	dl/kg
P_{agu}	Costo unitario de agua	dl/millar m ³
P_{fer}	Precio del fertilizante	dl/kg
P_{cos}	Costo unitario de captura de camarón	dl/kg
P_{pro}	Costo unitario de procesamiento	dl/lb
P_{com}	Costo unitario de comercialización	dl/lb
T_{cpv}	Comisión de comercialización	%

fk_l es el factor de conversión de kg a lb: 0.4536

k son las TC s: 51-60, 41-50, 36-40, 31-35, 26-30, 21-25 y 16-20 colas/lb

Parámetros de las funciones de regresión no lineal

W_g, a_w y b_w	(1)
a_z y $-b_z$	(4)
a_c, b_{1c} y b_{2c}	(7)
a_x y $-b_x$	(12)
a_r y b_r	(14)
a_d y b_d	(16)

Parámetros auxiliares

T_{cdb}	Tasa de consumo de diesel	l/hr
T_{rba}	Tasa de rendimiento de bomba	m ³ /seg
P_{die}	Precio del diesel	dl/l
P_{upl}	Precio de la poslarva	Dl/millar

Tabla II.- Variables auxiliares del modelo bio-económico

Variable	Descripción	Unidades
CPt	No. cosechas parciales totales	
$Bpart$	Biomasa de cosecha parcial total	kg/ha
Bf	Biomasa final	kg/ha
Bct	Biomasa cosechada total	kg/ha
$Bmnt$	Biomasa a mercado nacional total	kg/ha
Bmt	Biomasa maquilada total	kg/ha
Wf	Peso final	g
Sa_f	Sobrevivencia final	%
FCA_f	Factor de conversión alimenticia final	
Qat	Alimento balanceado total	kg/ha
Qgt	Agua bombeada total	milm ³ /ha
Qft	Fertilizante total	kg/ha
Qkt	Camarón total por tallas comercial	lb/ha
$Qcpt$	Camarón procesado total	lb/ha
Cst	Costo de siembra	lb/ha
Cat	Costo de alimentación total	dl/ha
Cgt	Costo de agua total	dl/ha
Cft	Costo de fertilización total	dl/ha
Cdt	Costo de cosecha total	dl/ha
Cvt	Costos variables totales	dl/ha
Cmt	Costo de procesamiento total	dl/ha
Cct	Costo de comercialización total	dl/ha
Ct	Costos totales	dl/ha
Vkt	Venta total por talla comercial	dl/ha
$Vcpt$	Venta camarón procesado total	dl/ha
$Icpt$	Ingresos por camarón procesado total	dl/ha
Int	Ingresos por mercado nacional total	dl/ha
It	Ingresos totales	dl/ha
$VPNO_f$	Valor presente neto operativo final	dl/ha

k- incluye las tallas comerciales: 51-60 41-50 36-40 31-35 26-30 21-25 y 16-20

Referencias

- Cacho O.J., 1997. System modelling and bioeconomic modelling in aquaculture, *Aquaculture Economics and Management* 1, 45-64.
- CONACYT-Gobierno del estado de Sonora, 2006. Desarrollo de software de gestión integrada para incrementar la competitividad de micro, pequeñas y medianas empresas sonorenses, Convocatorias abiertas fondo mixto de fomento a la investigación científica y tecnológica 2006-01, <http://www.conacyt.gob.mx/fondos/fondosmixtos/sonora>.
- El-Gayar O.F. 1997. The use of information technology in aquaculture management, *Aquaculture Economics and Management* 1, 109-128,
- Halide H., Stigebrandt A., Rehbein M., McKinnon A.D. 2009. Developing a decision support system for sustainable cage aquaculture". *Environmental Modelling and Software*, 24, 694-702
- Hanson T.R., Lawrence A., Posadas B.C. 2006. Economics of partial harvesting in super-intensive recirculating shrimp production systems. In: *Abstracts of Aquaculture America 2006*, Las Vegas Nevada.
- Kam L.E., Yu R., Leung P.S.& Bienfang P. (2008). Shrimp Partial Harvesting Model: Decision Support System User Manual, CTSA Publication N°. 153, http://www.ctsa.org/upload/publication/CTSA_Pub_153.
- Martinez-Cordero F.J., Leung P.S. 2004. Multicriteria decision making (MCDM) model for regional sustainable shrimp farming development in northwest Mexico. *Aquaculture Economics and Management* 8, 179-192.
- Martinez J.A., Seijo J.C., 2001. Alternative cycling strategies for shrimp farming in arid zones of Mexico: Dealing with risk and uncertainty, *Marine Resource Economics* 16, 51-63.
- Montoya R.A., Velasco M., 2001. Shrimp production simulation models, a powerful tool to increase farming efficiency, *Global Aquaculture Advocate* Feb., 32-34.
- Moss S.M., Otsoshi C.A., Leung P.S., 2005. Optimizing strategies for growing larger *L. vannamei*, *Global Aquaculture Advocate*, 8 68-69.
- Piedrahita R.H., Doug E., Nath S. (1999). Computer modelling for system planning, design and management. *Aquaculture Magazine*, May/June, 77-82.
- Shannon R.E., 1988. *Simulación de sistemas. Diseño, desarrollo e implementación*, Editorial Trillas, México, D.F., 427 pp.

Valoración del crecimiento del huachinango (*Lutjanus peru*) en jaulas flotantes

Pérez-Velázquez P.A., Tovar-Ávila J.

Centro Regional de Investigación Pesquera Bahía de Banderas, INAPESCA. Tortuga #1, La Cruz de Huanacastle, Nayarit, México 63732. e-mail: aleperezvelazquez@yahoo.com.mx

Resumen

Se analiza el crecimiento en peso y talla del huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru*) cultivados en una jaula flotante en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, México, desde mayo a octubre de 2007. Las dimensiones de jaula fueron 5 x 5 x 5 m (125 m³). La siembra inicial fue de 1,200 juveniles (peso promedio inicial 100-120 g/ind) obtenidos del medio natural y la engorda tuvo duración de 180 días. Los peces se alimentaron dos veces al día con alimento seco con nivel proteico de 38% y lipídico de 8%. La cantidad de alimento seco proporcionado diariamente fue del 3% de la biomasa total estimada y ajustada mensualmente. La dieta se complementó con alimento fresco a base de sardinas locales. El alimento fresco fue suministrado en una ración aproximada de 15–20 kg diarios. Se realizaron biometrías mensuales con 30 ejemplares, determinándose longitud total (LT) en cm y peso promedio individual (P) en g. La Temperatura Superficial del Mar (TSM) mensual promedio durante el cultivo fue de 26,7 °C (mínima= 23,6 °C y máxima= 29,6 °C). Los indicadores del crecimiento mostraron incremento en talla y peso (P inicial= 96,1 +/- 0,4 g y P final= 373,9 +/- 38,3 g). La Tasa de Crecimiento Específica (TCE) fue de 0,9 g. Los organismos alcanzaron las mayores tallas después de 120 días del estudio y el mayor valor de constante de crecimiento (K) después de los 90 días. El Incremento Diario en Peso Individual (IDPI) fue de 2,2 g/día y el crecimiento mensual promedio estimado de 66 g, la Tasa de Conversión Alimenticia (TCA) fue de 1:1,5 y la supervivencia del 83%. La relación P. *versus* LT está descrita por la ecuación $P = 0,0023 \times LT^{3,57}$ e indicó un crecimiento isométrico positivo ($b > 3$). Aparentemente existió relación entre el crecimiento y la TSM. La disminución del crecimiento durante los últimos días de cultivo se atribuye a cambios en el comportamiento alimenticio de los peces, debido a ajustes por la heterogeneidad de tallas y a que algunos individuos alcanzaron la madurez. Los peces

examinados en el estudio mostraron buenos niveles de crecimiento, condiciones de salud y supervivencia. Es necesario realizar estudios que demuestren posibles diferencias en el crecimiento asociado a la cantidad y calidad del alimento, mediante el uso de otros protocolos de alimentación, así como la determinación del costo-beneficio del cultivo de organismos de la especie.

Palabras clave

Cultivos marinos, jaulas flotantes, engorda, pargos, Lutjanidae.

Introducción

La engorda de pargos se inició en los países asiáticos en los años 80s con diversas especies, siendo el pargo rojo *Lutjanus argentimaculatus* una de las especies más cultivadas, alcanzando una producción de 4,683 toneladas en el año 2006. Sus principales países productores por orden de importancia son: China, Malasia, Pakistán, Singapur, Tailandia y Filipinas, los cuales generaron \$36.240.000 USD por su cultivo (FAO 2006). No obstante los avances en el desarrollo tecnológico, la producción en cautiverio todavía depende de la colecta de especímenes silvestres. En México durante 1994 el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA) con la asesoría de la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA), realizó los primeros cultivos experimentales de los pargos nativos *L. peru*, *L. guttatus*, *L. argentiventris* y *L. aratus*, mediante la colecta de organismos silvestres y su engorda en jaulas flotantes (Avilés-Quevedo *et al.*, 1996a, 1996b, 1996c; Avilés-Quevedo y Castelló-Orvay, 2004).

Lutjanus peru (Nichols y Murphy, 1922), conocido como huachinango del Pacífico (red snapper), es uno de los recursos más apreciados en la pesca ribereña por su sabor, color y la textura de su carne, alcanzando un alto precio en el mercado regional, nacional e incluso internacional. Esta especie es resistente al manejo, lo cual facilita su captura y traslado a jaulas o estanques para su engorda o reproducción. Su comportamiento en cautiverio permite mantenerle en densidades relativamente altas, con tasa de conversión alimenticia aceptable, así como de crecimiento y supervivencia (Rodríguez-Ortega *et al.*, 1994, Avilés-Quevedo *et al.*, 1996a, 1996b y 1996c). Existe una amplia bibliografía para esta especie sobre taxonomía, aspectos biológicos, crecimiento y pesquería comercial (Allen y Robertson 1995, Saucedo *et al.*, 1998, Santamaría *et al.*, 2003, Espino-Barr *et al.*, 2006 y Caicedo *et al.*, 2006).

Las características y el potencial de mercado de los pargos han propiciado un gran interés en el desarrollo de tecnología para su cultivo, que se encuentra todavía en fase experimental. Desde 1997 diversas instituciones de investigación mexicanas (CIAD-Mazatlán,

CICIMAR-La Paz, CRIP-La Paz, CICESE-Ensenada, entre otras), han desarrollado diversas líneas de investigación sobre los ciclos reproductivos de diversas especies de peces marinos del litoral del Pacífico Mexicano, incluyendo algunos pargos: pargo lunarejo (*L. guttatus*), huachinango (*L. peru*), pargo raicero (*L. aratus*), lenguado (*Paralichthys californicus*) y cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofasciatus*) y botete (*Sphoeroides annulatus*) entre otras. Se han obtenido avances en la reproducción controlada para producción de alevines, y en pruebas experimentales de engorda en condiciones de laboratorio y jaulas flotantes (Avilés-Quevedo *et al.*, 1995; Abdo de la Parra y Duncan 2002; García *et al.*, 2002, Lajonchere *et al.*, 2007; Barón y Lazo 2007; Avilés-Quevedo 2006; Avilés-Quevedo *et al.*, 2007; Avilés-Quevedo *et al.*, 2008).

Con base en los actuales proyectos experimentales de engorda en jaulas flotantes de peces marinos del Pacífico Mexicano que se desarrollan en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco y Guerrero que incluyen diversas especies de pargos, se ha determinado que esta actividad puede ser una opción tecnológica y económicamente viable de producción de alimentos de alto valor nutricional y comercial, así como una posibilidad para generar empleos. Poco a poco se intenta emplear la biotecnología del cultivo en beneficio del sector social y privado. En este trabajo se presentan indicadores del crecimiento de *L. peru* cultivados en una jaula flotante con alimentos seco y fresco durante 2007.

Objetivo general

Estimar indicadores del crecimiento de *L. peru* en engorda en una jaula flotante en el Estado de Guerrero, México.

Metodología

El estudio se realizó en Puerto Vicente Guerrero, Municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, México de mayo a octubre de 2007 (Fig. 1).

El sistema de cultivo fue una jaula flotante tipo cúbica con dimensiones de 5 x 5 x 5 m (125 m³) ubicada a unos 500 metros de la costa en un área con profundidad promedio de 12 a 15 m y con movimientos de corrientes. (Fig. 2). Juveniles de *L. peru* se obtuvieron del medio natural, en la zona delimitada por las coordenadas 17°16'22" N y 101°03'15" O, con redes de enmalle y líneas de anzuelos. La siembra inicial fue de 1.200 peces y la engorda tuvo una duración de 180 días. Los peces fueron alimentados dos veces al día con alimento seco (camaronina Purina) con nivel proteico de 38% y lipídico de 8%, la dieta se complementó con alimento fresco a base de sardinas capturadas en la localidad. La cantidad diaria de alimento

seco proporcionado fue del 3% de la biomasa total estimada, la cual se ajustó mensualmente. El alimento fresco fue suministrado en una ración diaria aproximada de 15 a 20 kg.



Figura 1.- Ubicación del área de cultivo.

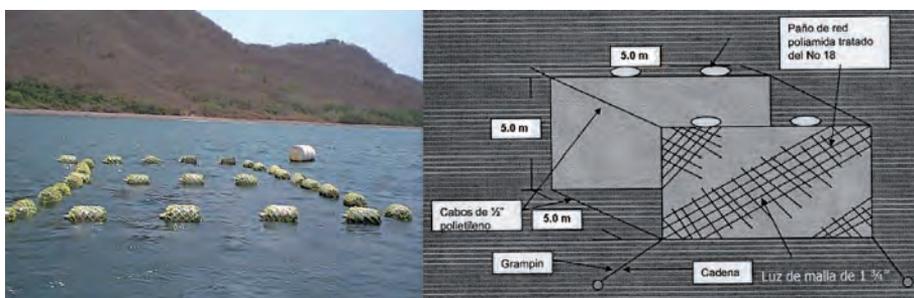


Figura 2.- Detalles de la jaula de cultivo utilizada.

El tamaño de muestra para las biometrías mensuales fue de 30 ejemplares. Los organismos fueron capturados dentro de la jaula con líneas de anzuelos, fueron colocados en viveros con agua marina y trasladados a sitio cercano tierra para obtener las biometrías y después ser devueltos vivos a la jaula. Para el manejo, los peces fueron anestesiados con una solución diluida de aceite de clavo (*Syzygium aromaticum*) en alcohol metílico a una proporción de 1

ml en 20 litros de agua marina (García-Gómez *et al.*, 2002). Se determinó la longitud total (LT) en cm y el peso promedio individual (P) en g. Se calcularon los siguientes indicadores del crecimiento: tasa de crecimiento específica ($TCE = 100 \times (\ln Pf - \ln Pi) / t$), factor de condición ($K = P / LT^b (10^2)$), tasa de conversión alimenticia ($TCA = Pa / (Bf - Bi)$) e incremento diario en peso individual ($IDPI = Pf - Pi / t$). En estos indicadores Pf= peso final, Pi= peso inicial, Pa= peso del alimento (base seca) consumido por los peces durante todo el período, Bf= biomasa final, Bi= biomasa inicial y t= tiempo. Finalmente, se estableció el tipo de crecimiento a partir de la pendiente (*b*) de la relación entre la P y LT ($P = a * LT^b$). Se registró también la supervivencia durante todo el estudio.

Resultados

Se registró una considerable variación de la temperatura superficial del mar (TSM) mensual promedio durante la temporada de cultivo de enero a septiembre, el promedio fue 26,7 °C la mínima fue de 23,6°C y la máxima de 29,6°C (Fig. 3).

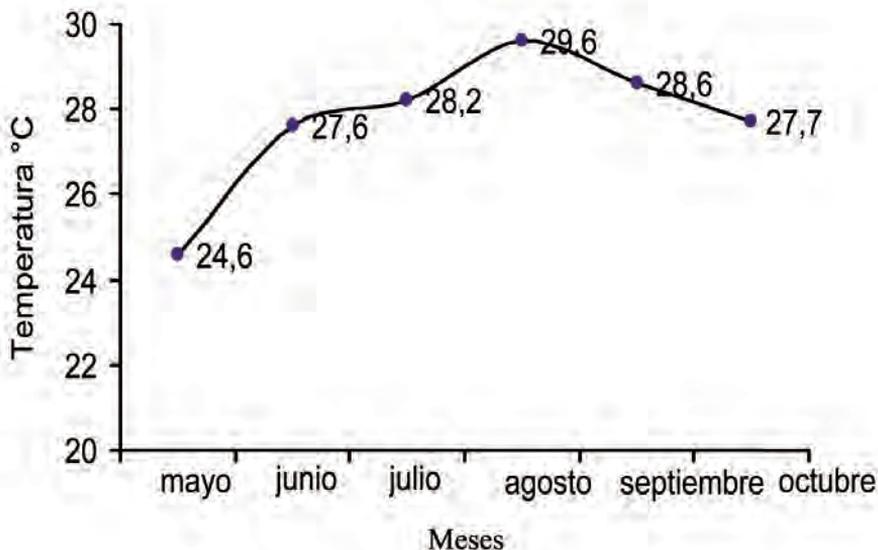


Figura 3.- Variación mensual de la temperatura superficial del mar promedio en Puerto Vicente Guerrero (mayo-octubre de 2007) (Fuente: Laboratorio de Oceanografía Física del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM).

Todos los indicadores del crecimiento mostraron un incremento en la talla y peso de *L. peru* durante los 180 días de cultivo (Tabla I y II). El incremento total en biomasa (289%) y los niveles de supervivencia fueron considerables.

Tabla I.- Indicadores del crecimiento de *Lutjanus peru* durante 180 días de cultivo.

Parámetro	Valores
LT promedio inicial (cm)	21,4 +/- 1,4
LT promedio final (cm)	29,0 +/- 1,1
Peso promedio inicial (g)	96,1 +/- 0,4
Peso promedio final (g)	373,9 +/- 38,3
Siembra inicial (no. de organismos)	1.200
Densidad inicial (org./m ³)	9,6
Biomasa inicial (kg)	115,32
Biomasa final (kg)	448,68
TCE	0,9
IDPI (g/día)	2,2
Crecimiento mensual estimado (g/mes)	66
TCA	1:1,5
Supervivencia (%)	85%

Tabla II.- Longitud total (LT), peso (P) y otros indicadores mensuales de crecimiento de *Lutjanus peru* cultivado en Puerto Vicente Guerrero (mayo–octubre de 2007).

Mes	LT (cm)	P (g)	Biomasa (kg/m ³)	Biomasa (kg/jaula)	*RDA % Biomasa	kg Alimento/ mes	TCA
Mayo	21,4	96,1	0,9	115,3	3	103,8	1,0
Junio	21,5	138,1	1,3	165,7	3	149,1	1,4
Julio	23,8	222,4	2,1	266,9	3	240,2	1,6
Agosto	27,3	320,5	3,1	384,6	3	346,1	1,6
Septiembre	28,2	348	3,3	417,6	3	375,8	1,6
Octubre	29,3	373,9	3,6	448,7	3	403,8	1,5

*RDA: ración diaria alimenticia.

Los organismos alcanzaron los mayores pesos (>300 g de P promedio) después de los 120 días del estudio (Fig. 4) y los mayores valores de K después de los 90 días (Fig. 5). Sin embargo, de acuerdo al valor de K, el crecimiento en peso disminuyó ligeramente durante los 30 últimos días.

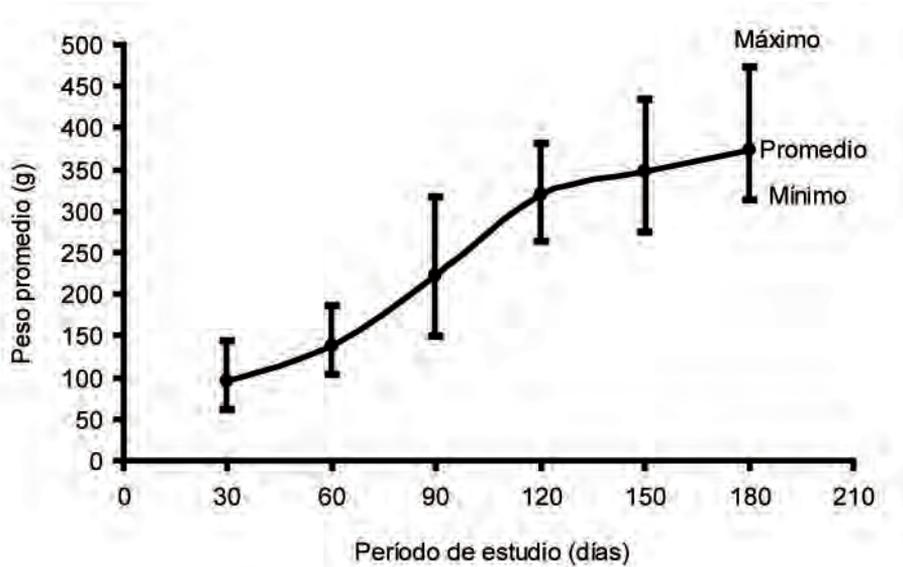


Figura 4.- Incremento en peso (promedio, mínimo y máximo) de *Lutjanus peru* en 180 días de cultivo en Puerto Vicente Guerrero (mayo–octubre de 2007).

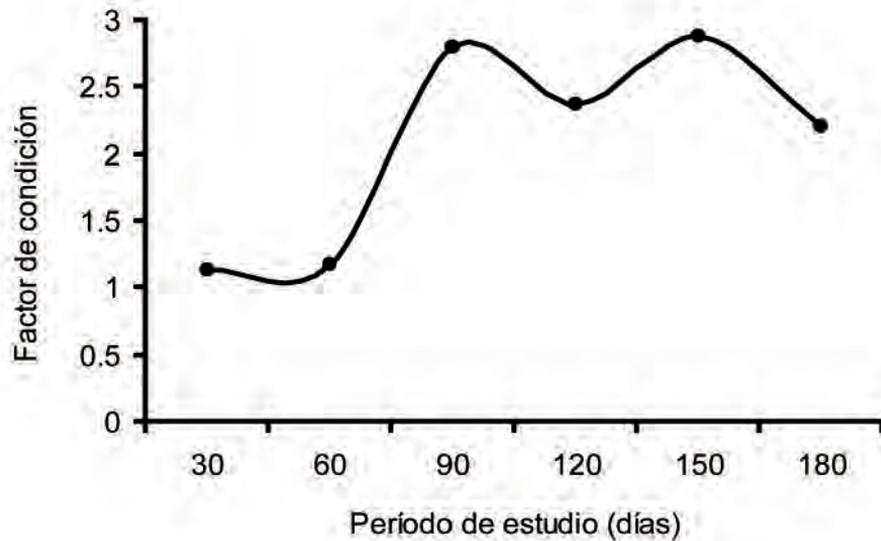


Figura 5.- Variación del factor de condición en 180 días de cultivo en Puerto Vicente Guerrero (mayo–octubre de 2007).

La relación P–LT (descrita por la ecuación $P= 0.0023*LT^{3.57}$) indicó un crecimiento de tipo isométrico positivo ($b>3$) (Fig. 6).

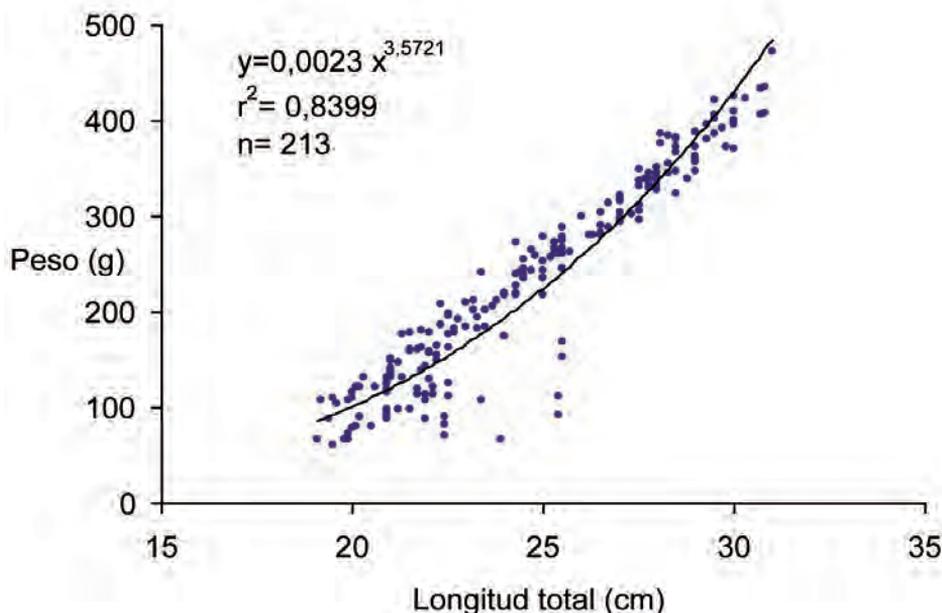


Figura 6.- Relación peso–longitud de *Lutjanus peru* en 180 días de cultivo en Puerto Vicente Guerrero (mayo–octubre de 2007).

Discusión

Los peces cultivados en este estudio mostraron crecimiento, buenas condiciones de salud y supervivencia. El crecimiento en peso de *L. peru* fue ligeramente menor a los reportado anteriormente para la misma especie en Baja California Sur, México (Avilés-Quevedo *et al.*, 1996a), donde se determinó un incremento en peso de 2,79 g/día o de 83,7 g/mes. Sin embargo, fue similar a lo reportado posteriormente para la misma especie en Bahía de la Paz, Baja California Sur (Avilés-Quevedo *et al.*, 2007), donde se obtuvo una TCA de 1:1,267 y un incremento en peso de 66,56 g/mes. En un estudio efectuado con *L. guttatus* en Bahía de Matanchén, Nayarit, México se registró una TCA de 1:1,9 y un crecimiento de 12,8 g/mes (Castillo-Vargas Machuca *et al.*, 2007), los cuales son considerablemente menores a los obtenidos en el presente estudio para *L. peru*.

En términos generales durante el período de engorda del presente estudio se observó que aparentemente existe una relación directa entre el crecimiento en talla y peso de los peces en cultivo con la variación de la TSM, ya que el crecimiento disminuyó cuando la TSM alcanzó los niveles más altos. Esta relación ha sido observada anteriormente (Avilés-Quevedo

et al., 2007), existiendo menor tasa de crecimiento a mayor temperatura del agua, recomendándose el cultivo de estos organismos cuando la TSM se encuentra entre los 18 y 30°C. Sin embargo, la tasa de crecimiento está relacionada probablemente también con la calidad del alimento y con el estado de madurez de los organismos.

La disminución del crecimiento en los últimos días de cultivo de este estudio se atribuye a cambios en el comportamiento alimenticio de los peces. Estos cambios pudieron deberse a ajustes en la heterogeneidad de tallas o a que algunos individuos ya habían alcanzado la madurez gonádica. De acuerdo con Cruz-Romero *et al.* (1991), Rojas-Herrera (2001) y Hernández-Montaño *et al.* (2002), las hembras y machos de *L. peru* alcanzan la madurez a tallas entre 28–33 cm de LT y a un peso promedio de 320 g, tallas obtenidas a partir de los 120 días de cultivo en el presente estudio.

Es necesario continuar con más estudios en función de analizar las posibles diferencias en el crecimiento asociado a la calidad del alimento balanceado, comparando diversos protocolos de alimentación, así como efectuar estudios del costo-beneficio del mantenimiento de los organismos durante los períodos de cultivo.

Conclusión

Los organismos cultivados presentaron las tallas mayores después de los 120 días del estudio y su mayor valor de K después de los 90 días. Sin embargo, de acuerdo a los valores de K, el crecimiento en peso disminuyó durante los últimos 30 días, aparentemente debido a cambios en la alimentación relacionados con la talla de madurez y la TSM.

Agradecimientos

A los pescadores de Puerto Vicente Guerrero por el apoyo e interés mostrado en dicho proyecto. A la Subdelegación de Pesca de SAGARPA-Guerrero por el apoyo logístico.

Referencias

- Abdo de la Parra M.I., Duncan N. J. 2002. avances en el cultivo experimental del botete diana (*Spherooides annulatus*). *Panorama Acuicola* 7(2): 42–44
- Allen G.R., Robertson D.R. 1995. Fishes of the tropical Eastern Pacific. University of Hawaii Press, Honolulu, 332 p.
- Avilés-Quevedo A., McGregor-Pardo U., Rodríguez-Ramos R., Hiraes-Cosío O.,

- Huerta-Bello M.A. 1995. Biología y cultivo de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Steindachner, 1868). INP/JICA, México, 85p.
- Avilés-Quevedo A., Reyes I., Mcgregor U., Hiraes O., Rodríguez R., Iizawa M. 1996a. Cultivo experimental el pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) y pargo raicero *L. aratus* (Gunther, 1864) en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México. pp. 240–243 En: Silva A. y Merino G. (Eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373 p.
- Avilés-Quevedo A., Reyes I., Valdés S., Hiraes O., Rodríguez R., Mcgregor U., Iizawa M. 1996b. Manejo de reproductores y producción de huevos de pargo amarillo *Lutjanus argentiventris* (Peters, 1869) bajo condiciones de cultivo. pp. 244–247 En: A. Silva, G. Merino (Eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373 p.
- Avilés-Quevedo A., Reyes I., Hiraes O., Rodríguez R., Mcgregor U. 1996c. Resultados preliminares en el cultivo del huachinango del Pacífico *Lutjanus peru* (Nichols, Murphy, 1922 en jaulas flotantes en Bahía Falsa, B.C.S., México. Pp. 248–250. En: Silva A., Merino G. (Eds.). Acuicultura en Latinoamérica. IX Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 2° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Coquimbo, Chile. 373 p.
- Avilés-Quevedo A., Castelló-Orvay F. 2004. Avances en el Cultivo Experimental de Pargos (Pisces: Lutjanidae) en México. En: A. Silva (Ed.). Acuicultura en Latinoamérica. X Congreso Latinoamericano de Acuicultura. 3° Simposio Avances y perspectivas de la Acuicultura en Chile. Universidad Católica del Norte y Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Santiago, Chile.
- Avilés-Quevedo A. 2006. Engorda de pargos en jaulas flotantes, Pp. 73–80. En: Memorias de la Segunda Reunión Nacional de la Red de Cultivo de Peces Marinos. 2^{da}. Foro Internacional de Acuicultura: Un encuentro con la Biotecnología. INP/DGIA. Hermosillo, Sonora, del 1–3 de diciembre de 2005. México, 176 p.
- Avilés-Quevedo A., Castello-Orvay F., Vázquez-Olivares A.F. 2007. Biología y cultivo de pargos (Pisces: Lutjanidae) en jaulas flotantes. *Manual para el cultivo de pargos*. INP/SAGARPA, México, 78 p.
- Avilés-Quevedo A., Mazón S.M., Castelló O.F. 2008. Avances en el cultivo de pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*). Un ejemplo a seguir de los pescadores de Bahía Concepción, en Baja California Sur. *Industria Acuicola* 4(5): 4–7
- Barón S.B., J.P. Lazo C. 2007. Producción de semilla de lenguado de California (*Paralichthys*

- californicus*) en Ensenada Baja California, México. *Panorama Acuícola* 12(2): 54–58.
- Caicedo A.J., Rubio E.A., Zapata L.A., Giraldo A. 2006. Estimación del crecimiento de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) basado en captura artesanales experimentales realizadas en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia, Océano Pacífico Colombiano. *Investigaciones Marinas de Valparaíso, Chile* 34(2): 163–168.
- Castillo-Vargas Machuca S., Ponce-Palafox J., Chávez-Ortiz E., Arredondo-Figueroa J.L. (2007). Effect of the initial stocking body weight on growth of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1896) in marine floating cages. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 42(3): 261–267.
- Cruz-Romero M., Espino-Barr E., Mimbela L.J., García-Boa A., Obregón A.L.F., Girón B.E. 1991. Biología reproductiva en tres especies del género *Lutjanus* en la costa de Colima, México. Informe Final. CONACYT, México, 119 p.
- Espino-Barr E., Henández-Montaño D., Cabrera-Mancilla E., Gutiérrez-Zavala R.M., Gil-López H.A., Cabral-Solís E.G., García-Boa A., Meléndez C., Puente-Gómez M., Romero-Acosta C.A. 2006. Huachinango del Pacífico Sur. Pp. 103–129. *En: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México: Evaluación y Manejo*. INP/SAGARPA, México, 543 p.
- FAO. 2006. El estado actual de la pesca y la acuicultura mundial. Roma, Italia.
- García-Gómez F., de la Gándara, T. Raja. 2002. Utilización del aceite de clavo, *Syzygium aromaticum* L. (Merr., Perry), como anestésico eficaz y económico para labores rutinarias de manipulación de peces marinos cultivados. *Biol. Inst. Esp. Oceanog.* 18(1–4): 21–23.
- García O.A., Hernández C., Abdo de la Parra I., B. González R. 2002. Advances in the nutrition and feeding of the bullseye puffer *Sphoeroides annulatus*. Pp. 187–196. *En: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Gaxiola-Cortés, M.G., Simoes, N. (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI International Symposium of Aquatic Nutrition*. Septiembre 3–6, 2002, Cancún, México.
- Hernández-Montaño D., Meléndez C., Romero C.A. 2002. Evaluación de recursos pesqueros (escama) en la costa de Michoacán. INP/SAGARPA. CRIP-Pátzcuaro. Informe Final, 50 p.
- Lajonchere A.L., Ibarra C. L., García A.N., Ibarra Z.Z. 2007. Manipulación y nutrición de reproductores de peces marinos. *Panorama Acuícola*, 13(1): 11–16
- Rodríguez-Ortega I.P., Mellado-Guerrero F., Méndez C., Domínguez-Guedea F.A., Ortega-Vidal A. 1994. Desarrollo científico y tecnológico para el cultivo de pargo (*Lutjanus sp.*) en jaulas flotantes. Instituto de Acuicultura del Estado de Sonora/SEPESCA. México, 85 p.
- Rojas-Herrera A.A. 2001. Aspectos de la dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces:

Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México. *Tesis doctoral*, Universidad de Colima, 193 p.

Santamaría M.A., Elorduy J.F., Rojas, H.A. 2003. Hábitos alimentarios de *Lutjanus peru* (Pisces: Lutjanidae) en las costas de Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(2): 503–517.

Saucedo L.M., Godínez D.E., García de Quevedo M.R., González S.G. 1998. Distribución y densidad de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols, Murphy, 1922) (Pisces: Lutjanidae) en la costa de Jalisco y Colima, México. *Ciencias Marinas*, 24(4): 409–423.

Procesos de producción para el escalamiento a nivel piloto experimental para el cultivo de pulpo rojo *Octopus maya* (Voss y Solís)

Rosas¹ C., Caamal-Monsreal¹ C., Mena¹ R., Jiménez-Yan¹ L.

¹Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Facultad de Ciencias, UNAM, Puerto de abrigo s/n, Sisal, Yucatán, México. E-mail: crv@ciencias.unam.mx.

Resumen

La evaluación de la factibilidad técnica y económica para la producción del pulpo *Octopus maya* de entre 30 y 40 g de peso (pulpo “baby”) se llevó a cabo en instalaciones de la UNAM en Sisal, Yucatán, México, en colaboración con una cooperativa de mujeres denominadas “Moluscos del Mayab”. La evaluación se llevó a cabo en un sistema de producción que consistió de 50 tanques de desove, una incubadora con capacidad para 40 desoves/mes, un área de pre-engorda con 10 tanques de 8 m² y 9 estanques exteriores de 3 y 4 m de diámetro. Los trabajos se realizaron a partir del mes de octubre del 2008 y hasta el mes de abril del 2010. En este periodo, las mujeres de la cooperativa participaron en todo el proceso, desde la remodelación de instalaciones hasta el cuidado, mantenimiento y cosecha de los pulpos cultivados. Se cuantificaron los costos de producción de pulpos de entre 30 y 40g de peso. En el esquema se incluyeron la producción masiva de crías, la evaluación de los efectos de la densidad de siembra en la pre-engorda y la curva de crecimiento en engorda. Datos de sobrevivencia, ingestión de alimento y costos de producción fueron también obtenidos y analizados con el fin de establecer la factibilidad económica y la magnitud de un proyecto comercial del pulpo *Octopus maya*. Los resultados hasta ahora obtenidos arrojan costos de producción de \$1,2 pesos Mex (0,1 USD) por cría, \$6,36 pesos Mex (0,53 USD) para un organismo de 2 g que sale de la pre-engorda y de \$17,04 pesos Mex (1,42 USD) para un animal de 30 g a la cosecha, dando un total de costo por unidad de \$24,48 pesos Mex (2,05 USD). Con el fin de establecer si un producto de esta naturaleza podría ser de interés para el sector restaurantes de alta calidad se realizaron dos degustaciones; una en la ciudad de México y otra en la ciudad de Mérida, Yucatán. Como resultado de esta experiencia se estableció que el cultivo de pulpo es factible y que existe un mercado potencial para pulpo fresco y cultivado en el mercado

nacional. Para consolidar esta tecnología aún es necesario llevar los niveles de producción a un sistema piloto comercial incluyendo y de acuerdo al estudio de factibilidad económica, el número de tanques de engorda que permita rebasar el punto de equilibrio hasta ahora propuesto. Así mismo, la reducción de los costos del alimento a partir de la mecanización de su producción y el abaratamiento de algunos de sus insumos permitirá reducir los costos de producción haciendo más rentable el proceso.

Palabras clave

Cultivo de pulpo, *Octopus maya*, factibilidad económica, pulpo baby, engorda de pulpo.

Introducción

En los últimos años se ha incrementado el interés por diversas especies de cefalópodos, tanto en su cultivo (Iglesias *et al.*, 2000; Iglesias *et al.*, 2004) como en las ciencias biológicas y médicas, siendo estos animales usados como modelos biológicos (Boletzky, 2003). *Octopus maya* es una especie litoral cuyos adultos alcanzan hasta los 4 kg de peso (Fig. 1), que vive en aguas someras en profundidades de 2 a 8 m.



Figura 1.- Ejemplar adulto del pulpo rojo *Octopus maya*.

El tipo de fondo ocupado por esta especie es de roca caliza y sedimento arena - limoso cubierto en parte por *Thalassia testudinum*, y diversas algas (Solis, 1997; Solis, 1998). El pulpo *Octopus maya* se distribuye desde ciudad del Carmen, en la bahía de Campeche (Fig. 2) en la parte norte de las costas de la península de Yucatán y también desde la punta sur de Yucatán hasta isla Mujeres (Solis, 1997; Solis, 1998) (Fig. 2). *O. maya* es una especie que produce huevos grandes y de desarrollo directo y según Voss, Solis Ramirez (1966) y Solis (1967), posee incluso unos de los mayores huevos de todas las especies de pulpos, pudiendo llegar a los 17 mm de largo. El desarrollo embrionario se lleva a cabo en 50 días cuando emerge un juvenil holobentónico, el cual termina de desarrollarse en los primeros 15 de vida postembrionaria (Moguel *et al.*, 2010). Esta especie es de ciclo de vida corto, entre 8 y 12 meses, lo que explica el rápido crecimiento que ha sido observado en condiciones de laboratorio y que hacen de ésta una de las especies de pulpos con más alto potencial para su cultivo (Fig. 3).

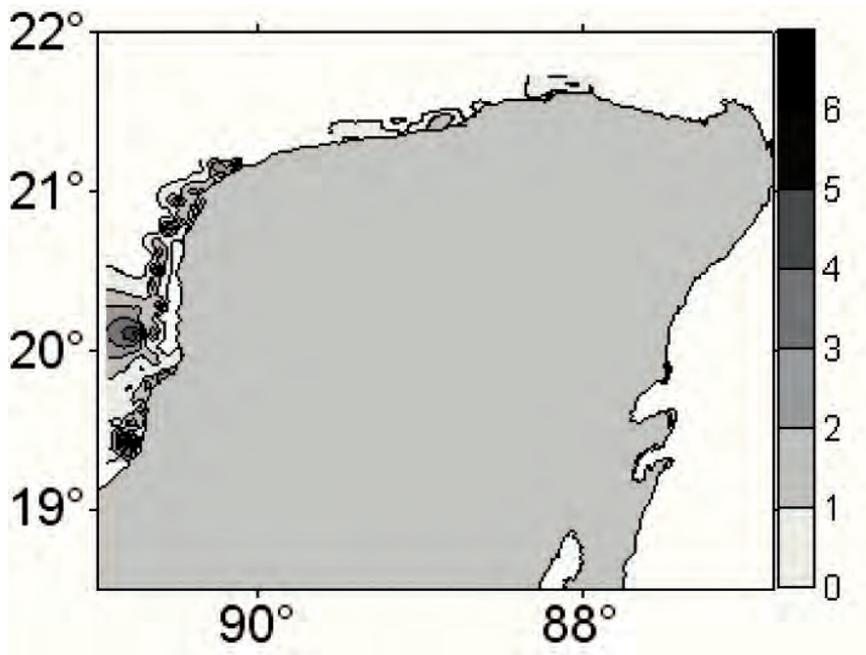


Figura 2.- Distribución del pulpo rojo *Octopus maya* en la plataforma continental adyacente a la Península de Yucatán, México. La escala indica la abundancia estimada en forma arbitraria (Datos tomados del Instituto Nacional de la Pesca, 2010).

En la actualidad la pesca de *O. maya* reporta niveles de producción que oscilan entre las 2 y 10 mil t al año, para una temporada de pesca que se lleva a cabo entre los meses de agosto a diciembre. Desde el punto de vista comercial y considerando los costos bajos de inversión que se requieren para la explotación pesquera, el cultivo de pulpo desarrollado por la UNAM

en México ha sido dirigido a la producción de animales de entre 30 y 100 g de peso, los cuales se pueden obtener entre 120 y 150 días de cultivo. En el presente trabajo se reporta el estado actual del cultivo de juveniles entre 30 y 120 g de peso de *O. maya* producidos en un sistema piloto experimental, localizado en la costa Norte de la Península de Yucatán, México.

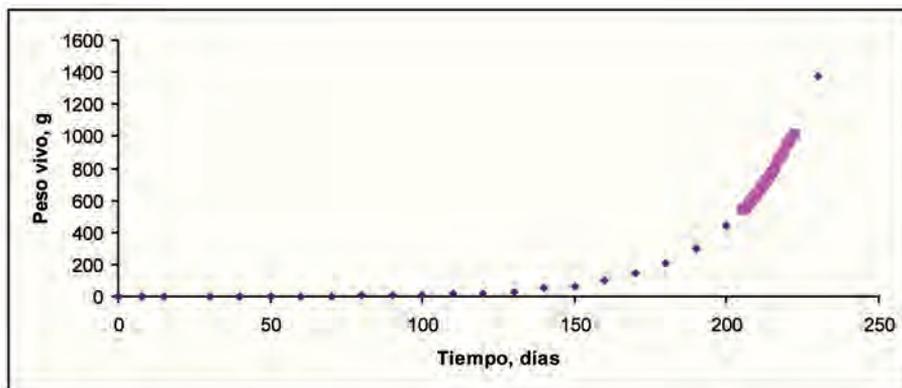


Figura 3.- Curva de crecimiento de *Octopus maya* obtenida en condiciones de laboratorio y a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Reproducción y obtención de crías

El sistema de producción de pulpo se llevó a cabo con reproductores silvestres capturados en la plataforma continental adyacente a la península de Yucatán. Los animales fueron colocados, a razón de 1 hembra: 1 macho, en tanques exteriores de 4 m de diámetro en donde fueron acondicionados por 15 días. Aunque en la mayoría de los casos las hembras silvestres ya están fecundadas, el periodo de acondicionamiento se ha considerado como parte del protocolo que refuerza la fecundación de las hembras en el posible caso de que los espermatozoides almacenados por éstas pudieran perder su viabilidad.

Durante el periodo de acondicionamiento los organismos fueron alimentados con cangrejos (*Callinectes* spp.) a razón del 5% de la biomasa presente en los tanques. Una vez cumplido este periodo, las hembras fueron llevadas al área de reproducción donde se colocaron en tanques de 80 L conectados a un sistema de recirculación de agua de mar, el cual fue mantenido a 26°C y bajo un fotoperiodo de 10 luz 14 oscuridad. Los animales fueron expuestos a una intensidad máxima de 30 lux cm^{-2} de luz roja (Fig. 4a). En los tanques, las hembras disponían de un nido artificial el cual permite obtener los desoves sin maltrato (Fig. 4b). Los desoves así obtenidos fueron colocados en una incubadora que los abastece con agua de mar filtrada y donde permanecieron por entre 45 y 50 días hasta la eclosión (Fig. 4c y d) (Rosas *et al.*, 2010).

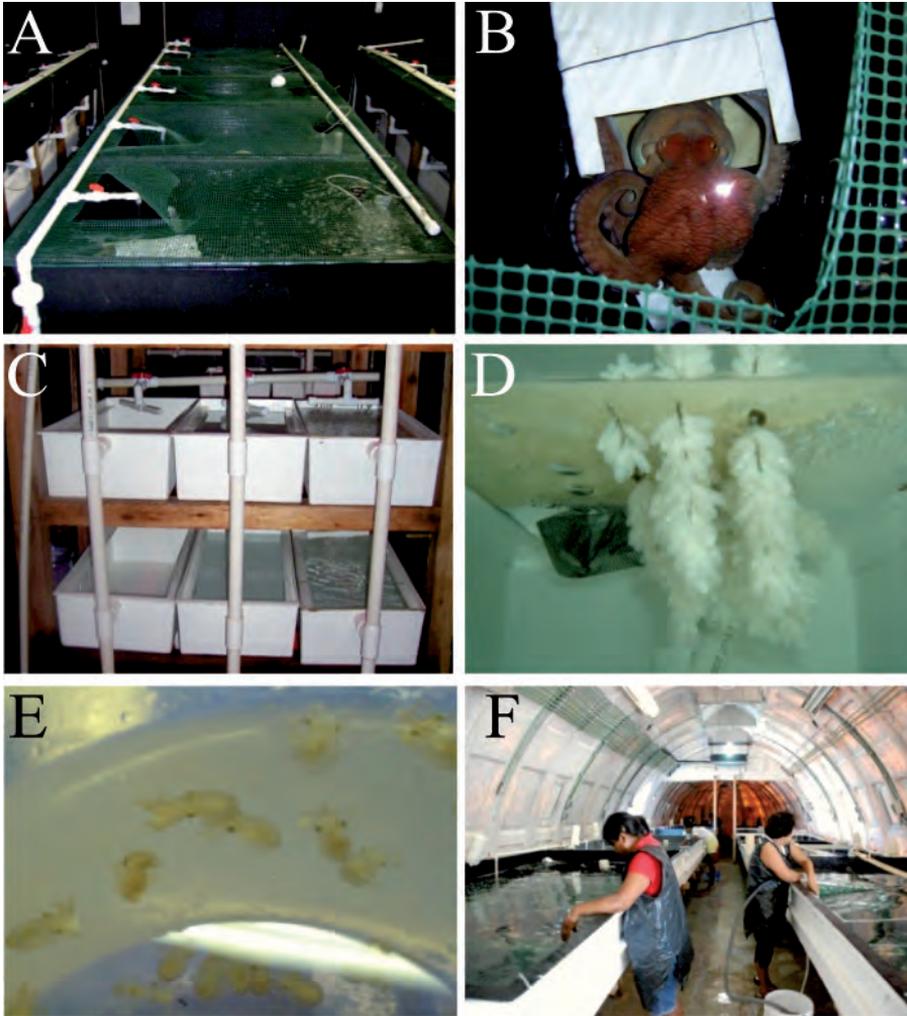


Figura 4.- Sistema de producción de *Octopus maya*. A. Tanques de maduración y desove; B. Hembra de pulpo en el nido; C. Sistema de incubación artificial de huevos; D. Huevos en incubación; E. Crías de pulpo recién eclosionadas; F. Sistema de Pre-engorda de pulpos.

Un resumen de la capacidad productiva del área piloto experimental de reproducción se presenta en la tabla I.

Tabla I.- Resumen de los parámetros de producción del área de reproducción piloto experimental para *O. maya* para los meses de Agosto a Octubre de 2009. La biomasa producida se refiere a la que aportan las hembras una vez que ocurre el desove.

Producción piloto experimental: Área de reproducción de Agosto a Octubre 2009	
Hembras	48
Desoves fecundados	32
Desoves no fecundados	16
Días de maduración	28
% Fecundación	66,7
Biomasa producida en reproducción, kg	37
Días desarrollo embrionario	45
Crías Total	19.300
Crías/desove	603

Como se puede apreciar, además de la producción de crías, el área de reproducción también es un área de producción de biomasa (37 kg), la cual se origina a partir de la disposición de las hembras desovadoras. Entre los retos para el área de reproducción se encuentran, indudablemente la obtención de un protocolo de producción masiva de reproductores cultivados, el diseño de un alimento balanceado, el aumento en el número de crías/desove y el aumento de la fecundidad, entre los más importantes.

Pre-engorda

Después de la eclosión, las crías (Fig. 4e) fueron colocadas en tanques de 2 x 4 m en donde fueron cultivadas por 60 días hasta alcanzar un peso de entre 1 y 2 g (Fig. 4f). En los tanques, los pulpos fueron alimentados con una pasta diseñada para cubrir los requerimientos de la especie. Diversos estudios sobre la morfología, fisiología y bioquímica digestiva de *O. maya* han sido utilizados como base para el diseño de este alimento (Aguila *et al.*, 2007; Martinez *et al.*, 2010; Moguel *et al.*, 2010; Rosas *et al.*, 2011; Martinez *et al.*, 2011). Durante esta etapa, los pulpos fueron alimentados a razón del 30% de su peso corporal día⁻¹ (Quintana *et al.*, 2010). Una densidad de siembra de 50 pulpos m⁻² ha sido considerada como la más apropiada para el cultivo de *O. maya* en la etapa de pre-engorda (Fig. 5).

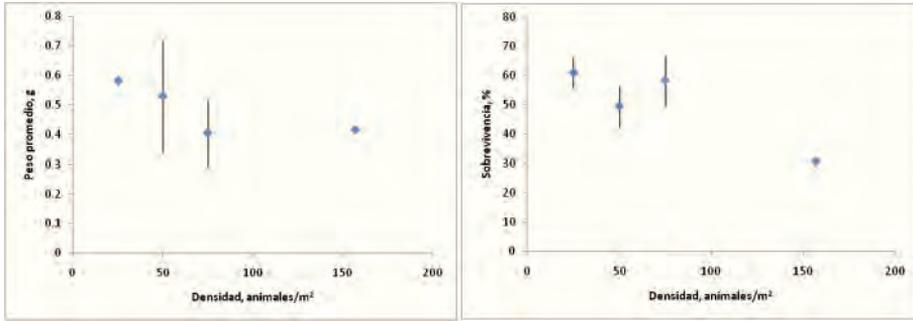


Figura 5.- Efecto de la densidad de siembra en el peso ganado y la sobrevivencia de juveniles tempranos de *O. maya* durante el periodo de pre-engorda en tanques de 8 m². Valores como promedio \pm D.S.

Con el fin de reducir el canibalismo cada 30 días los pulpos fueron pesados y separados de acuerdo con grupos de peso pre establecidos. Un resumen de la producción del área de pre-engorda se presenta la tabla II.

Tabla II.- Resumen de las características de los organismos producidos en las etapas de pre-engorda y engorda de juveniles de *O. maya* en el sistema piloto experimental localizado en Sisal, Yucatán, México. La imagen corresponde a los estanques externos de 3 y 4 m de diámetro que fueron utilizados para la etapa de engorda.

Resumen de la producción

Pre engorda

Peso inicial, g	0,1
Peso final, g	1,2
Días de cultivo	60
Sobrevivencia, %	82

Engorda

Peso inicial, g	1,2
Peso final, g	28,7
Días de cultivo	65
Sobrevivencia, %	84



Como se puede apreciar, utilizando el alimento balanceado, la práctica de separar los tamaños y manteniendo a los animales en una densidad apropiada es posible obtener más de un 80% de sobrevivencia con animales que alcanzan, en promedio un peso de 1,2 g

La etapa de engorda se llevó a cabo en estanques exteriores de 3 y 4 m de diámetro y en donde los pulpos fueron sembrados en densidades de 50 pulpos m⁻². Ahí los animales permanecieron por otros 60 días hasta que alcanzan los 30 g de peso siguiendo las recomendaciones

establecidas en Domingues *et al.* (2011).

El análisis de costos efectuado en el sistema piloto experimental indicó que la producción de pulpos de entre 30 y 60 g de peso tiene un costo por individuo de \$2.05 USD (Tabla III). Por esa razón a la fecha se ha considerado el mercado gourmet como una alternativa plausible para la introducción de pulpo fresco cultivado con tallas de hasta 100 g de peso vivo.

Tabla III.- Costos de producción (en USD) por individuo producido en cada una de las etapas del cultivo. La imagen muestra un ejemplar de *O. maya* de 5 g de peso.

Concepto	Costo total por individuo, USD
Crias	\$0,1
Pre engorda	\$0,53
Engorda	\$1,42
Total	\$2,05



Conclusiones

Siguiendo los protocolos establecidos descritos en el presente estudio es evidente que es posible producir pulpos en cultivo en forma masiva. Aunque aun es necesario establecer los procedimientos que hay que seguir para la producción de reproductores cultivados, así como estandarizar los procesos para la fabricación mecanizada del alimento balanceado, los resultados obtenidos ahora permiten concluir que el cultivo de *O. maya* es una realidad tecnológica que requiere, como todas las tecnologías en sus inicios, realizarse a un nivel piloto comercial en el que se puedan evaluar los costos comerciales de producción. Otros estudios habrán de realizarse para optimizar los procesos hasta ahora establecidos, los cuales seguramente permitirán reducir los costos de producción, haciendo aún más rentable este cultivo. Las pruebas gourmet (Fig. 6) que se han llevado a la fecha y que demuestran el potencial de este mercado pueden ser encontradas en:

- <http://www.youtube.com/watch?v=Zytw9uvMRvE>
- http://www.youtube.com/watch?v=zOC7guKjPG8&feature=mfu_in_order&list=UL



Figura 6.- Pulpos de 30 g en cosecha y después presentados como platillo gourmet.

Agradecimientos

El presente estudio fue realizado con el apoyo económico del programa PAPIIT-UNAM IN 202909-3.

Referencias

- Aguila J., Cuzon G., Pascual C., Domingues P., Gaxiola G., Sánchez A., Maldonado T., Rosas C. 2007. The effects of fish hydrolysate (CPSP) level on *Octopus maya* (Voss, Solis) diet: Digestive enzyme activity, blood metabolites, and energy balance. *Aquaculture* 273, 641-655.
- Boletzky S.V. 2003. Biology of early life in cephalopod molluscs. *Advances in Marine Biology* 44, 144-203.
- Domingues P., López N., Rosas C. 2011. Preliminary trials on the use of large outdoor tanks for the ongrowing of *Octopus maya* juveniles. *Aquac Research On line*: DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02797.x.
- Iglesias J., Otero J.J., Moxica C., Fuentes L., Sánchez F.J. 2004. The completed life cycle of the octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier) under culture conditions: paralarval rearing

- using *Artemia* and zoeae, and first data on juvenile growth up to 8 months of age . *Aquaculture International* 12, 481-487.
- Iglesias J., Sánchez F.J., Otero J.J., Moxica C. 2000. Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier): present knowledge, problems and perspectives. Recent advances in Mediterranean Marine Aquaculture Finifish Species Diversification. *Cahiers Options Méditerranéenes* 47, 313-322.
- Martinez R., López-Ripoll E., Avila-Poveda O., Santos-Ricalde R., Mascaró M., Rosas C. 2011. Cytological ontogeny of the digestive gland in post-hatching *Octopus maya*, and cytological background of digestion in juveniles. *Aquatic Biology* 11, 249-261.
- Martinez R., Santos R., Alvarez A., Cuzon G., Arena L., Mascaró M., Pascual C., Rosas C. 2010. Partial characterization of hepatopancreatic and extracellular digestive proteinases of wild and cultivated *Octopus maya*. *Aquaculture International* DOI: 10.1007/s10499-010-9360-5.
- Moguel C., Mascaró M., Avila-Poveda O., Caamal C., Sánchez A., Pascual C., Rosas C. 2010. Morphological, physiological, and behavioural changes during post-hatching development of *Octopus maya* (Mollusca: Cephalopoda) with special focus on digestive system. *Aquatic Biology* 9, 35-48.
- Quintana D., Rosas C., Moreno-Villegas E. 2010. Relationship between nutritional and rearing parameters of *Octopus maya* juveniles fed different rations of crab paste. *Aquaculture Nutrition In pres*, doi: 10.1111/j.13652095.2010.00772.x.
- Rosas C., Sanchez A., Pascual C., Aguila J., Maldonado T., Domingues P. 2011. Effects of two dietary protein levels on energy balance and digestive capacity of *Octopus maya*. *Aquacult Int.* 19, 165-180.
- Solis M. 1967. Aspectos biológicos del pulpo *Octopus maya* Voss, Solis. *Inst. Nacional Investig. Biol. Pesqueras (México)* 18, 1-90.
- Solis M. 1997. The *Octopus maya* fishery of the Yucatán Peninsula. *The Fishery and Market Potential of Octopus in California*, CMSC 10, 1-10.
- Solis M. 1998. Aspectos biológicos del pulpo *Octopus maya* Voss y Solis. *Contribuciones de Investigación Pesquera, Instituto Nacional de la Pesca* 7, 1-38.
- Voss G.L., Solis Ramirez M.J. 1966. *Octopus maya*, a new species from the Bay of Campeche, Mexico. *Bull. Mar Sci.* 16, 615-625.

Plan de manejo de los factores de riesgo sanitario de la enfermedad de la mancha blanca

Magallón-Barajas¹ F., Perez-Enriquez^{1*} R., Aguiar⁶ L., Álvarez-Ruiz² P., Benitez-García⁷ J., Cabanillas-Ramos⁶ J., Calvario-Martinez³ O., Casillas-Hernández⁴ R., Chávez-Sánchez³ C., Durán-Avelar⁵ M.J., Escobedo-Bonilla² C., Escobedo-Urias D., Esparza-Leal² H., Hernández-Llamas¹ A., Hernández-López¹ J., Ibarra⁴ C., Mejía-Ruiz¹ H., Méndez-Lozano² J., Montoya-Rodríguez³ L., Porchas-Cornejo¹ M.A., Portillo-Clark^{1,7} G., Quintero⁸ N., Vázquez-Boucard¹ C., Vibanco-Pérez⁵ N.

¹Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Baja California Sur y Sonora, México

²Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional, Sinaloa, México

³Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Sinaloa, México

⁴Instituto Tecnológico de Sonora, México

⁵Universidad Autónoma de Nayarit, México

⁶Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, México

⁷Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, México

⁸Comité de Sanidad Acuícola de Baja California Sur, México

*Correspondencia: rperez@cibnor.mx

Introducción

El virus del síndrome de las manchas blancas (VSMB) fue detectado por primera vez en 1999 en granjas del Noroeste de México, como agente causal de la enfermedad de las manchas blancas (EMB), la cual se manifiesta en eventos de mortalidad que pueden causar pérdidas entre el 20% y el 100% de la producción, en dependencia de la etapa del cultivo, la época del año y la carga viral inicial.

Los eventos de la EMB han persistido durante más de una década (1999-2010) entre un ciclo de cultivo y otro, manifestándose como brotes y focos de primavera, verano y otoño. Durante este periodo el VSMB ha sido detectado en estanques de producción, movilización de productos, crustáceos nativos, agua de los ecosistemas adyacentes, postlarvas y reproductores

domesticados. Se han identificado varias vías posibles de propagación de este patógeno lo cual se ha esquematizado en un modelo hipotético para la identificación de factores de riesgo (Fig. 1).

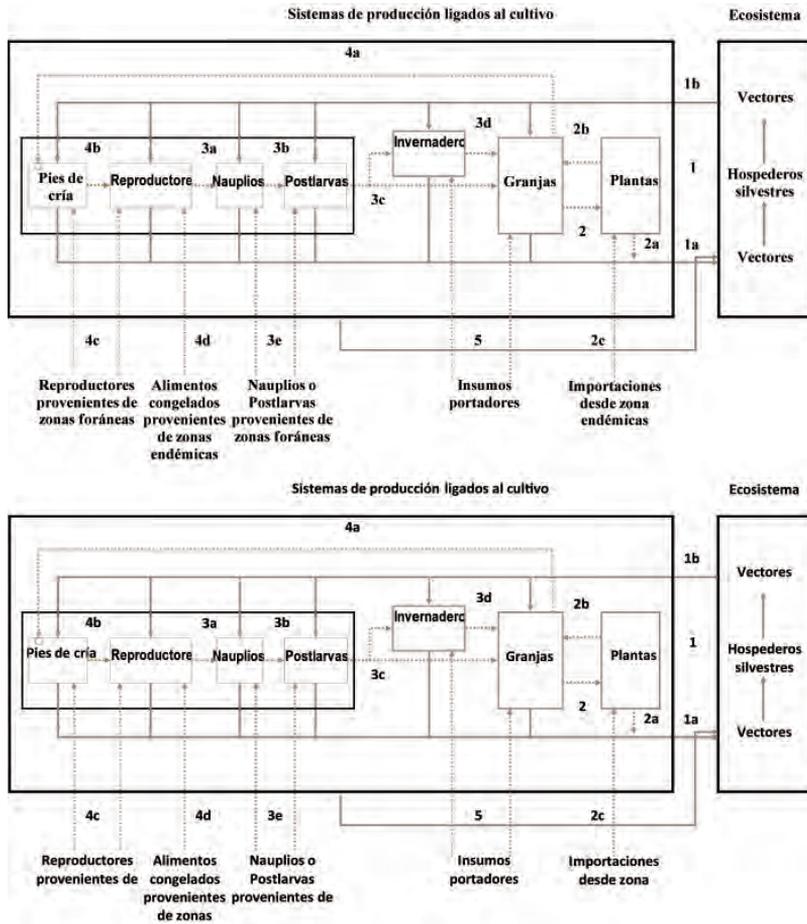


Figura 1.- Modelación de las posibles vías de propagación del VSMB de los reservorios virales del ecosistema hacia las unidades de cultivo y otros sistemas de producción ligados a la acuicultura y viceversa. 1) dispersión del virus de los sistemas de producción hacia el ecosistema (1a) y viceversa (1b) 2) Dispersión del virus de granjas infectadas a plantas de procesamiento y viceversa (2a y 2b), de zonas endémicas por la vía de las importaciones (2c) 3) Dispersión del virus a las granjas a través de nauplios (3a) y postlarvas (3b), a granjas por la vía de maternidades o invernaderos (3c y 3d), e indirectamente a través de larvas o nauplios producidos en zonas foráneas o en el extranjero 4) Dispersión del virus a pies de cría a través de granjas infectadas (4a), de pies de cría a reproductores (4b), a pies de cría o reproductores de animales provenientes de zonas foráneas o del extranjero (4d) o de alimentos congelados provenientes de zonas endémicas del virus y 5) Dispersión del virus a granjas a instalaciones de cultivo por la vía de insumos, materiales, vehículos o personas.

Las observaciones del grupo de trabajo de la AERI (ver Pérez *et al.* -presente libro) indican que la ocurrencia de brotes de la EMB en primavera aumenta el riesgo de que ocurran eventos de esta enfermedad durante el verano y el otoño. Desde 1999 hasta 2005, los eventos de la EMB de primavera ocurrieron al inicio de los ciclos de producción. Durante este periodo la presencia del VSMB se extendió gradualmente del sur al norte de la región hasta 2005, año en el que se registraron estos brotes en la mayoría de las Juntas Locales de Sanidad Acuícola (JLSA) de la región, mientras que del 2006 al 2009 se observó una disminución de los eventos de primavera (Tabla I).

Tabla I. Eventos virales de primavera en el noroeste por Juntas Locales de Sanidad Acuícola durante el período 1999-2009.

Región epidémica WSSV en el Noroeste de México																
Cuenca	Municipio	JLSA	1995	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Pescadero	La Paz	La Paz														
Golfo Norte	Caborca	Caborca														
San Pedro Mártir	Hermosillo	Bahía de Kino										1				
Guaymas	Hermosillo	Carispos										1				
Guaymas	Hermosillo	Tamitima									1	1				
Guaymas	Guaymas	Guaymas														
Guaymas	Guaymas	San Nicolás de los Ríos										8				
Guaymas	San Ignacio P. M.	Luboc						3	1			5				
Guaymas	San Ignacio P. M.	Matague						8	9		2	24	2			
Guaymas	Bacuric	Alarcón						20	1			23	1			
Guaymas	Caeme	Tonari						1	9			16	1			
Del Carmen	Benito Juárez	Son										1	4	4		
Del Carmen	Huatabampo	Aquiroco						1				4	6	5		
Del Carmen	Huatabampo	Ritip										8	10	8		
Del Carmen	Huatabampo	Santa Bárbara										2	2			
Farallón	Huatabampo	Agiabampo Sonora						1	2	1	2		3	3		
Farallón	Ahome	Agiabampo Sinaloa														
Farallón	Ahome	Ahome												65		
Farallón	Guasave	Guasave Norte												46		54
Farallón	Guasave	Guasave Sur												12	5	38
Pescadero	Angostura	Angostura												22	0	20
Pescadero	Navolato	Navolato Norte												16	1	
Pescadero	Navolato	Navolato Sur												26	6	
Pescadero	El Dorado	El Dorado Oceánica													0	51
Pescadero	El Dorado	El Dorado Estero												59	4	
Pescadero	Cospita	Cospita												4	1	1
Pescadero	Elota	Elota												3	5	
Mazatlán	Mazatlán	Mazatlán												6	0	
Mazatlán	Rosario	Rosario												3	0	
Mazatlán	Escuinapa	Escuinapa												11	5	1
Mazatlán	Tecuala	Tecuala												3	17	21
Mazatlán	Tuxpan	Tuxpan												17	14	2
Mazatlán	San Blas	San Blas														

Derivado a las acciones de manejo sanitario de la EMB instrumentadas por los Comités de Sanidad Acuícola del Noroeste de México (COAES en Sonora, CESASIN en Sinaloa, CESANAY en Nayarit, CSABCS en B.C.S.), sus JLSA y empresas asociadas, el porcentaje de JLSA afectadas por brotes de la EMB en primavera disminuyó del 80 al 20% durante los últimos cinco años (2005 - 2009) (Fig. 2).

Algunas de estas acciones de manejo sanitario han sido las siguientes:

1. La aplicación un estricto programa de verificación de reproductores y postlarvas, alcanzando en algunos laboratorios de producción larvaria, la revisión del 100% de los reproductores que ingresan a producción.

2. La implantación de vacíos sanitarios y protocolos sanitarios centrados en el invierno que contribuyen a disminuir el riesgo de permanencia del virus VSMB y otros patógenos en las instalaciones de producción y en las JLSA, lo que contribuye a aminorar su incidencia en crustáceos nativos y en el agua de ecosistemas adyacentes.
3. La aproximación de las fechas de llenado de estanques al mes de Abril, relacionada con un menor riesgo de exposición de los cultivos a temperaturas permisibles para la propagación de la enfermedad.
4. La adopción de densidades de siembra moderadas en las JLSA con antecedentes de la enfermedad en el ciclo anterior.
5. La aplicación de protocolos sanitarios para contener la propagación del VSMB en granjas afectadas por eventos de la EMB.

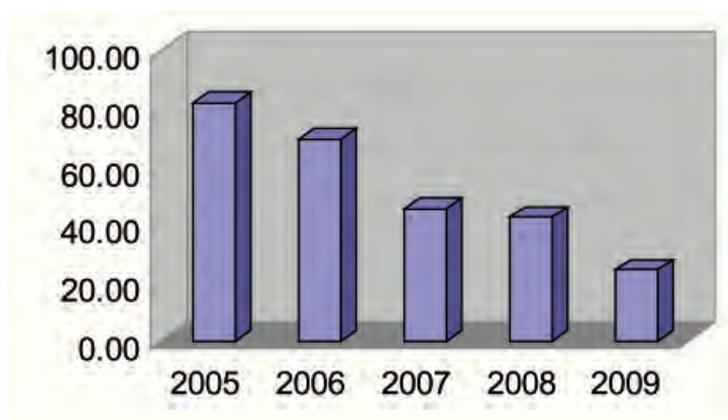


Figura 2.- Porcentaje de JLSA afectadas por eventos de primavera del WSSV entre 2005 y 2009.

A pesar de que algunas de estas medidas han sido exitosas, el sector acuícola requiere de un ordenamiento generalizado al noroeste de México en virtud de que los efectos de una enfermedad altamente infecciosa para el camarón de cultivo como la EMB, no es un problema privativo de una empresa en particular sino de todas las granjas de la región, e incluso de las diversas empresas que componen a los eslabones de la cadena productiva (productores de larva, proveedores de alimento e insumos, procesadores y comercializadores, entre otros).

Para ello, se requiere de la instrumentación de un plan de manejo que no sólo dé lineamientos sobre acciones específicas para reducir los riesgos de infección en cada ciclo de cultivo, sino que también proponga algunas medidas de cumplimiento obligatorio. En este trabajo se presenta la base conceptual sobre la cual se diseñó el “Plan de manejo de los factores de riesgo sanitario de la enfermedad de la mancha blanca (EMB)” con el respaldo de la información científica generada por el grupo de trabajo “AERI”, así como de aquella publicada en la literatura especializada. Finalmente, se presentan las estrategias y acciones de manejo específicas de cada factor de riesgo que componen el Plan.

Base conceptual para identificar factores de riesgo sanitario

Las definiciones de los factores de riesgo sanitario se fundamentaron en la fusión de cuatro escuelas de pensamiento: (a) La que se origina en el campo clásico del análisis de riesgo, (b) la desarrollada en la gestión de riesgo en desastres naturales, (c) la relacionada con la evaluación de riesgo en toxicología y salud humana y (d) la relacionada con riesgos sanitarios en los campos de salud y bienestar animal, incluida la sanidad acuícola. Estas corrientes se muestran a continuación:

a) Campo clásico del análisis de riesgo

El análisis de riesgo en el campo clásico involucra una predicción o proyección hacia el futuro, sobre la base del pasado histórico y de los eventos recientes (Ahl *et al.*, 1993). En este sentido la epidemiología, estadística, economía, teoría de decisiones y otras ciencias han contribuido al análisis de riesgo, involucrando tres aspectos: Evaluación de riesgos, manejo de riesgos y comunicación de riesgos. La evaluación de riesgos a su vez se compone de la identificación cualitativa de amenazas (peligros) y la evaluación de riesgos (usualmente cuantitativo). En la estandarización de la nomenclatura para análisis de riesgo en salud animal realizada por Ahl *et al.* (1993), se define el análisis de riesgo como el proceso que incluye evaluación, manejo y comunicación del riesgo. La evaluación de riesgos se define como el proceso de identificación de peligros o amenazas y la evaluación de riesgo de cada amenaza específica. Las amenazas se definen como los elementos o eventos que representan un daño potencial, un evento o resultado adversos. En análisis de riesgo, un peligro o amenaza se especifica por una descripción de lo que puede resultar en un daño y el conocimiento de los mecanismos causa y efecto involucrados. Mientras que riesgo es definido como la probabilidad y magnitud (de las consecuencias) de que ocurra un evento adverso es decir, es una medición de la probabilidad de daño y la severidad de los efectos adversos. La medición objetiva y el apego a la repetitividad son marcas importantes del riesgo.

b) El concepto de riesgo en desastres naturales

La organización para la prevención de desastres (UNDRO) reunió en 1979 un grupo de expertos en análisis de vulnerabilidad y desastres naturales quienes propusieron de manera formal un conjunto de términos y definiciones que ha contribuido de manera importante al desarrollo de la gestión de riesgos a nivel mundial. En esta reunión se definió un peligro o amenaza natural como la probabilidad de ocurrencia, dentro de un periodo específico de tiempo en un área determinada, de un fenómeno natural potencialmente dañino. A diferencia de las otras escuelas incluye como factor de riesgo la vulnerabilidad definida como la probabilidad de pérdida de un elemento o conjunto de elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud determinada y expresado en una escala

de cero (sin daño) a uno (pérdida total). Los elementos en riesgo fueron definidos como la población, bienes, actividades económicas, servicios públicos, facilidades e infraestructura en riesgo en una determinada área. El riesgo específico fue definido como la probabilidad esperada de pérdidas debidas a un fenómeno particular y como una función de la vulnerabilidad y la amenaza. Mientras que el riesgo fue definido como el número esperado de pérdidas de vidas, personas dañadas, daño a propiedades y interrupción de actividades económicas debidas a la ocurrencia de un fenómeno natural y consecuentemente del producto del riesgo específico y los elementos en riesgo (UNDRO, 1979). Para 1991 los conceptos definidos por la UNDRO fueron planteados por medio de la siguiente ecuación general para el cálculo de riesgos específicos:

$$[R_{ij}] = [H_j] \times [V_{ij}]$$

Donde, para un elemento en riesgo i , en una unidad de tiempo dada, $[R_{ij}]$ representa el riesgo específico como la probabilidad de pérdida para el elemento i debido a una amenaza de severidad j $[H_j]$ representa la amenaza como la probabilidad de experimentar un evento peligroso de severidad j $[V_{ij}]$ representa la vulnerabilidad como el nivel de pérdida que se puede causar al elemento i como resultado de experimentar una amenaza de severidad j (Coburn *et al.*, 1991; 1994). Dada esta función se puede definir matemáticamente al riesgo específico como el producto de amenaza y vulnerabilidad, los cuales formalmente representan dos factores de riesgo genéricos. La principal contribución de esta escuela consistió en diferenciar, entre la probabilidad de que ocurra un peligro o amenaza, de la probabilidad asociada a la vulnerabilidad ante una amenaza. Lo que implica que en el caso de poblaciones la ocurrencia de una amenaza o peligro puede afectar de diferente manera a diferentes segmentos de una población (subpoblaciones) en función de las diferencias en la vulnerabilidad ante una misma amenaza. La relación matemática permite modelar los cambios entre amenazas y vulnerabilidades, al mismo tiempo que permite esbozar objetivos, estrategias y acciones de manejo que permitan disminuir la vulnerabilidad ante una amenaza o intervenirla donde sea posible.

c) Evaluación de riesgo en toxicología y salud humana

Desde el punto de vista toxicológico la evaluación de riesgo considera cuatro componentes principales la identificación de amenazas o peligros, la evaluación dosis –respuesta, la evaluación del grado de exposición y la caracterización del riesgo. Este último paso permite la integración de la información pertinente para caracterizar los riesgos de una población expuesta y ofrecer una estimación de probabilidad de que ocurran efectos adversos a la salud (NRC-NAS, 1994, Kleinjans, 2003).

De acuerdo con Alonso (2010), en el caso de la salud humana en relación con la interacción con patógenos comunes con la salud animal, considera importante identificar peligros y planificar estrategias de reducción de los riesgos asociados. La identificación de peligros se considera como un paso inicial e imprescindible para la planificación de la reducción de

riesgos. Entre ellos se considera importante identificar como amenazas aquellos virus, subtipos o aislados que tengan capacidad de originar epidemias por la combinación de letalidad y capacidad de difusión. En el mismo sentido se considera importante el conocimiento de los mecanismos de transmisión inter-especies, como alternativa de mantenimiento de los microorganismos en la naturaleza y patogenicidad potencial para otros hospederos. El intercambio bidireccional de patógenos entre especies y poblaciones representa un alto significado eco-epidemiológico, ya que retroalimenta la persistencia del patógeno. La susceptibilidad dual a un patógeno entre especies permite servir como “mezcladora” para la emergencia de subtipos con reacomodo genético con implicaciones potenciales graves e inadvertidas para la sanidad de las poblaciones y especies involucradas. La confluencia entre poblaciones de cultivo muy grandes y densidades elevadas con poblaciones silvestres susceptibles a los mismos patógenos se encuentran entre los factores de riesgo para el establecimiento de los patógenos entre poblaciones cultivadas y poblaciones del medio ambiente natural. Las posibilidades de disminución de riesgos estarán en primer lugar en identificar las interacciones y romper vínculos en la interfase entre poblaciones cultivadas y otras poblaciones susceptibles. Se considera el carácter transfronterizo de las enfermedades emergentes como un elemento de vulnerabilidad global, que combinado con las amenazas resulta en riesgos globales, que van más allá de una afectación a una unidad de producción.

d) Evaluación de riesgo en salud, bienestar animal y sanidad acuícola

Las evaluaciones de riesgo se utilizan usualmente para describir y cuantificar el riesgo de introducción de infecciones, toxi-infecciones o residuos provenientes de medicamentos veterinarios, por la importación de animales vivos y sus productos, o para identificar opciones para el control de enfermedades endémicas o epidémicas, y recientemente se ha utilizado para identificar y evaluar riesgos relacionados con el bienestar de los animales tales como las condiciones adversas que pueden favorecer una enfermedad (Müller-Graf *et al.* 2007).

El análisis de riesgo ha sido utilizado de manera regular en el manejo de la sanidad acuícola únicamente en años recientes y ha sido utilizado principalmente en la evaluación de la introducción de enfermedades derivada del comercio internacional, conocido como análisis de riesgo de las importaciones (Peeler *et al.*, 2007). En las guías de la OIE para la evaluación de riesgos se considera la identificación de amenazas como un paso esencial, e involucra la identificación de agentes patógenos que pueden producir de manera potencial consecuencias adversas. La evaluación de riesgos derivados de importaciones consiste en cuatro pasos interrelacionados (i) Evaluación de la liberación de agentes patógenos que consiste en describir y evaluar las vías por las cuales se movilizan y liberan patógenos específicos a un ambiente particular (ii) Evaluación del grado de exposición que describe y evalúa las vías de exposición de las poblaciones cultivadas a las amenazas representadas por los agentes patógenos liberados desde una fuente específica (iii) Evaluación de las consecuencias que consiste en describir y evaluar las relaciones entre la exposición especí-

fica a un agente patogénico y las consecuencias de estas exposiciones en el campo sanitario, ambiental, económico y social (iv) La estimación de riesgo consiste en la integración de los resultados de las evaluaciones de liberación, exposición y consecuencias, y toma en cuenta la trama de vías que se generan desde la identificación de amenazas hasta la generación de escenarios no deseados. La OIE reconoce los tres aspectos del campo clásico del análisis de riesgo, evaluación, manejo y comunicación de riesgos.

De acuerdo con Del Río Rodríguez (2004), la sanidad acuícola en sus inicios se vio influenciada por medicina humana y veterinaria. Pero menciona que el consenso científico ha reconocido que las enfermedades tienen una dinámica diferenciada entre el ambiente acuático y el terrestre, lo que ha generado escuelas de pensamiento que empiezan a enmarcar la prevención, tratamiento y control de enfermedades, precisamente en esquemas de manejo. Sniezko (1979) en estudios de parasitología de peces, de manera independiente discute las interrelaciones entre patógenos, hospederos y ambiente. Por su lado Evans (1976) establece que el estudio de las enfermedades debe prestar atención a estos tres componentes y sus interrelaciones, e incluye también la teoría estadística para probar asociaciones, e inserta el concepto de factor de riesgo, que en epidemiología, se reconoce como toda variable ambiental o actividad que aumente la probabilidad de desarrollo de una enfermedad (Thrusfield 1995). Los factores de riesgo en epidemiología pueden ser atributos intrínsecos característicos de los individuos o de la exposición al medio ambiente externo a los individuos que están asociados de manera positiva o negativa con una enfermedad determinada en un periodo de tiempo determinado.

De acuerdo con Peeler *et al.* (2007) el uso del análisis de riesgo ha mejorado la toma de decisiones en el manejo de la salud de los animales acuáticos, ya que ha provisto de un método transparente para utilizar la información científica disponible. La carencia de datos constituye la limitante principal para la aplicación del análisis de riesgo en la sanidad acuícola, y reconocen que la identificación de parámetros críticos es una de las principales aportaciones del análisis de riesgo que debe ser utilizado para priorizar la investigación en sanidad acuícola.

La fusión de las cuatro escuelas permitió en este estudio definir el riesgo específico como el potencial de pérdidas que pueden ocurrirle a individuos, poblaciones, especies o sistemas expuestos como resultado de la convolución de amenaza y vulnerabilidad. Con este modelo es posible construir curvas de respuesta (Fig. 3) en función de que la información disponible permita las estimaciones de las probabilidades. En el mismo sentido y tomando en cuenta la conjunción de los tres factores principales relacionados con el surgimiento de las enfermedades Patógeno, hospedero y medio ambiente, se pueden definir factores de riesgo relacionados tanto con las amenazas como con la vulnerabilidad. De igual manera permite eslabonar la definición de factores de riesgo con la evaluación de riesgos, el manejo y la comunicación de los mismos. Derivado de lo anterior, la idea de un plan de manejo es mover

aquellos parámetros en el terreno de las amenazas y las vulnerabilidades que sea posible intervenir para que el riesgo (que siempre existe) sea el mínimo posible.

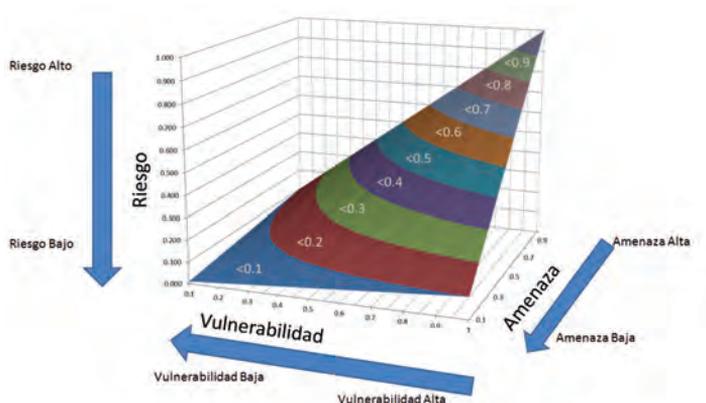


Figura 3.- Niveles de riesgo como función de los niveles de amenaza y vulnerabilidad.

Identificación de riesgos

El modelo de triada epidemiológica (Fig. 4) muestra que para que una enfermedad se manifieste deber haber una conjunción entre la presencia del patógeno, la presencia del hospedero y el medio ambiente favorable. Bajo esta perspectiva, se identificaron ocho riesgos asociados a la enfermedad en función de las amenazas (agente etiológico y ambiente favorable) o las vulnerabilidades (hospedero y ambiente de cultivo).

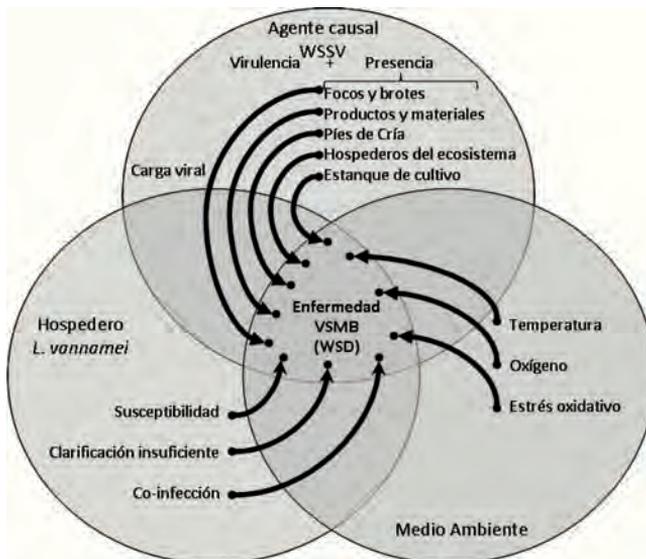


Figura 4.- Factores que modulan la manifestación de la enfermedad de la mancha blanca (WSD).

Los ocho factores de riesgo identificados en función de los resultados obtenidos en las investigaciones se muestran a continuación:

Permanencia del virus en los sistemas de cultivo entre un ciclo y otro, debido a:

- 1. Granjas con antecedentes de brotes de EMB en el ciclo anterior.** Se ha observado la recurrencia de VSMB en granjas que fueron afectadas por la enfermedad en el ciclo inmediato anterior. En la Tabla II se presenta un ejemplo de algunas granjas de Nayarit.

Tabla II. Granjas del estado de Nayarit positivas al VSMB en ciclos de cultivo recurrentes (AERI, datos no publicados).

JLSA	Granja	Fechas
Nayarit Norte	Diatomea negra	20-02-08 07-11-08 23-04-09
	La Calistra	27-02-08 20-04-09
	Acuicola Cuquis	03-03-08 10-11-08 15-04-09
	La Bota del Valle de la Urraca	07-03-08 14-04-09
	TM la Urraquita	18-03-08 02-04-09
	Acuícola los Dos Amigos	18-03-08 26-09-08
	SCPA Gollo	28-03-08 08-11-08
Nayarit Centro	28 de Junio	18-03-08 07-05-09

- 2. Presencia del virus en agua y en organismos cultivados o silvestres en reservorios, estanques y drenes entre un ciclo y otro.** De acuerdo con Esparza-Leal *et al.* (2009) se ha observado que el virus puede encontrarse en el agua y ser infectivo asociado a partículas de al menos 0.45 micras. Asimismo, se ha observado que camarones libres del virus se infectan al introducirse en estanques de cultivo infectados, aun cuando se introduzcan en jaulas de cultivo con malla de 1 mm que evita el contacto directo con otros camarones (Esparza-Leal *et al.*, 2010).
- 3. Aplicación inadecuada de protocolos sanitarios** (Chavez-Sanchez y Montoya-Rodríguez, 2006)
- 4. Vacíos sanitarios en las granjas de cultivo de tiempo insuficiente para eliminar la carga viral en estanques.** Se ha observado una correlación positiva significativa entre el tiempo de vacío sanitario (periodo en días entre el secado del último estanque y la siembra del primer estanque de una misma JLSA) y el registro del primer brote viral (Fig. 5).

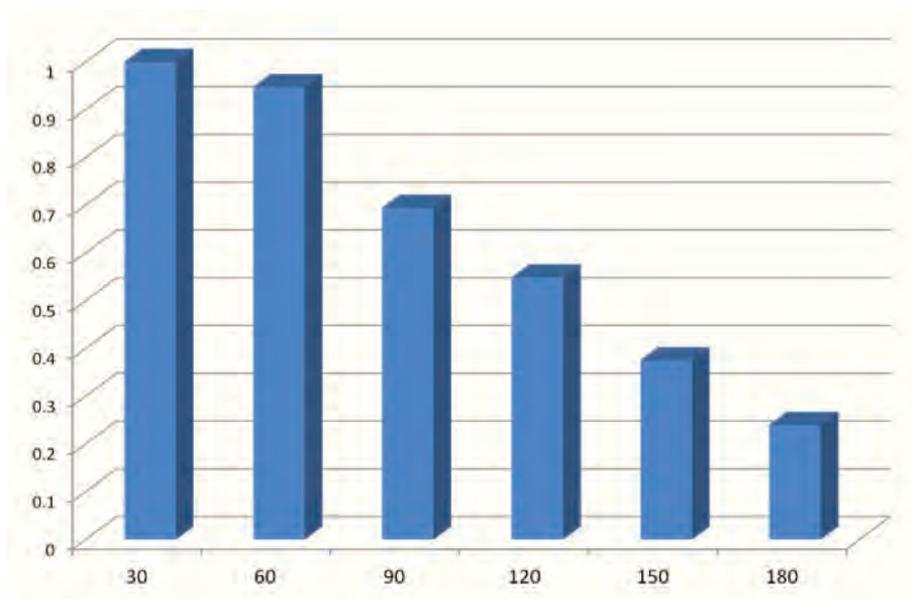


Figura 5.- Probabilidad de experimentar brotes de la EMB en las Juntas Locales de Sanidad Acuícola del noroeste de México de acuerdo a la duración del vacío sanitario. Evaluación en el periodo 2005-2010 con datos de los CSA de B.C.S., Sonora, Sinaloa y Nayarit.

Prevalencia viral en poblaciones de macro-crustáceos y vectores planctónicos del ecosistema adyacente a las JLSA con:

- **Antecedentes de brotes de la EMB en una JLSA en el ciclo anterior.** El VSMB puede infectar a organismos silvestres, lo que permite que el virus permanezca en el ecosistema. En el noroeste de México se han observado organismos silvestres (camarones, cangrejos y jaibas, entre otros) positivos al VSMB (Tabla III).
- **Antecedentes de descarga de efluentes de granjas con organismos infectados por la EMB en el ecosistema adyacente.** Como se mostró en la figura 1 la retroalimentación del virus de las granjas hacia el ecosistema se debe a la liberación de altas cargas virales durante los procesos de cosecha a partir de granjas infectadas. Los análisis de diagnóstico del VSMB en animales silvestres han resultado positivos después de concluido el ciclo de cultivo (Tabla III).
- **Presencia de crustáceos silvestres portadores del WSSV en el ecosistema adyacente y en vectores planctónicos del agua que ingresa a las granjas.** Ver inciso 2 y Tabla III.
- **Vacíos sanitarios en las JLSA de tiempo insuficiente para minimizar la carga viral en organismos silvestres.** Ver inciso 4 de pág anterior.

Tabla III.- Análisis de diagnóstico de la presencia del VSMB en organismos silvestres (camarones, jaibas, cangrejos y filtros de agua de 0.45 micras) en municipios del Estado de Sinaloa entre octubre de 2008 y mayo de 2009 (AERI, datos no publicados).

Municipio	Número de análisis	
	No detectado	Positivos
Escuinapa	51	1
Rosario	23	-
Mazatlán	38	-
San Ignacio	23	-
Elota	72	-
Eldorado	94	15
Culiacán	68	-
Navolato Sur	54	-
Navolato Norte	95	-
Angostura	538	18
Guasave sur y Norte	696	31
Ahome	780	5
Agiabampo	202	-

Incidencia del WSSV en poblaciones en cautiverio, pies de cría, reproductores y post-larvas de *P. vannamei* debido a:

- 1. Introducción del WSSV a las áreas de mantenimiento de pies de cría o salas de reproducción a través de organismos portadores procedentes de granjas infectadas.** Durante los ciclos de cultivo de los últimos años (2005-2010), los Comités de Sanidad Acuícola en conjunto con laboratorios de diagnóstico de instituciones de investigación ha llevado a cabo un intenso programa de verificación de reproductores (en algunos laboratorios de hasta el 100% de los organismos) que tiene la finalidad de detectar la presencia del VSMB en los mas de 30 laboratorios de producción de larvas de camarón que operan en la región. Si bien los resultados indican que el VSMB no ha sido detectado en más 25.000 análisis de diagnóstico llevados a cabo en reproductores y larvas (ver www.cosaes.com y las ligas con los otros CSA), hay evidencias de análisis positivos en al menos un laboratorio (CESASIN, com. pers.), lo que indica que ningún laboratorio esta fuera de riesgo. De acuerdo a los registros del CESASIN (datos no publicados) el lote de reproductores positivo al VSMB fue sacrificado en su totalidad.
- 2. Alimentos frescos o congelados que contengan el WSSV y se utilicen en salas de reproducción o cultivo larvario.** Existen evidencias de que el alimentos de reproductores tales como poliquetos congelados son portadores del WSSV y pueden infectar a los camarones que los consuman (Vijayan *et al.*, 2005).

3. **Nauplios y postlarvas portadores del WSSV que son movilizadas a granjas de producción.** La legislación vigente mexicana de la NOM-PESC-030-200 (D.O.F. 2001) indica que las larvas de camarón de venta para las granjas de engorda o para unidades de pre-crianza deben ser certificadas como libres de WSSV. Sin embargo, dado que la Norma indica un prevalencia del 2%, el virus podría pasar como no detectado si su prevalencia en el lote es menor a ese valor.

Propagación del WSSV por la vía de materiales, vestuario, equipos, productos de cosecha, su proceso, transporte y contenedores utilizados en zonas afectadas por la EMB que se introduzcan a sistemas de cultivo

Los manuales de buenas prácticas indican que estos elementos son muy importantes para la bioseguridad (Chávez-Sánchez y Montoya-Rodríguez, 2006). Cabe mencionar el caso particular de los brotes registrados en los meses de otoño en granjas de Baja California Sur en 2008 y 2009, así como los del 2008 en el norte de Sonora, cuyo análisis realizado por los CSA y la AERI (datos no publicados) sugiere como vía probable los materiales y vehículos utilizados por el personal de la granja y personal externo durante las cosechas.

Propagación del WSSV desde un sistema de cultivo infectado a otros por la vía acuática mediante:

1. **Descarga de efluentes de estanques con presencia del WSSV.** La descarga de agua de estanques infectados hacia los drenes acuícolas y hacia los ecosistemas adyacentes a las granjas provoca la recirculación del virus en el medio, particularmente en los casos en los que los efluentes de una granja están prácticamente en el mismo cuerpo de agua que las tomas de granjas vecinas. Bajo dichas condiciones, la infección de estas granjas sería inminente (ver inciso 1 de la pág. 244)
2. **Traslape entre fechas de cosecha de granjas afectadas por la EMB con fechas de llenado de estanques de otras granjas.** El efecto descrito en el inciso anterior se magnifica en aquellos casos en los que un conjunto de granjas infectadas se encuentra cosechando a compuerta abierta cuando otras están iniciando con el llenado para su siembra. Observaciones en el estero de Agiabampo, Sonora (Magallon F., datos no publicados), muestran cómo una granja recién sembrada se infectó a partir de que la granja vecina (con animales con signos de WSSV) realizó la cosecha de sus estanques.

Regímenes térmicos permisibles para la replicación viral del WSSV

De acuerdo con los datos obtenidos del periodo 2005-2010 en el noroeste de México por los Comités de Sanidad Acuícola, la mayor parte de los brotes de la EMB se registran en los meses de primavera y otoño, durante los cuales el intervalo de temperatura varía entre 24 y 30°C (Fig. 6). Si bien el virus se puede replicar a temperaturas bajas (< 20° C), su actividad de replicación es significativamente menor que a 25°C (Gao *et al.*, 2010). En el caso de hiper-

termia ($> 33^{\circ}\text{C}$) diversos autores han observado una reducción significativa de la replicación viral (Vidal *et al.*, 2001 Granja *et al.* 2006 Rahman *et al.*, 2006).

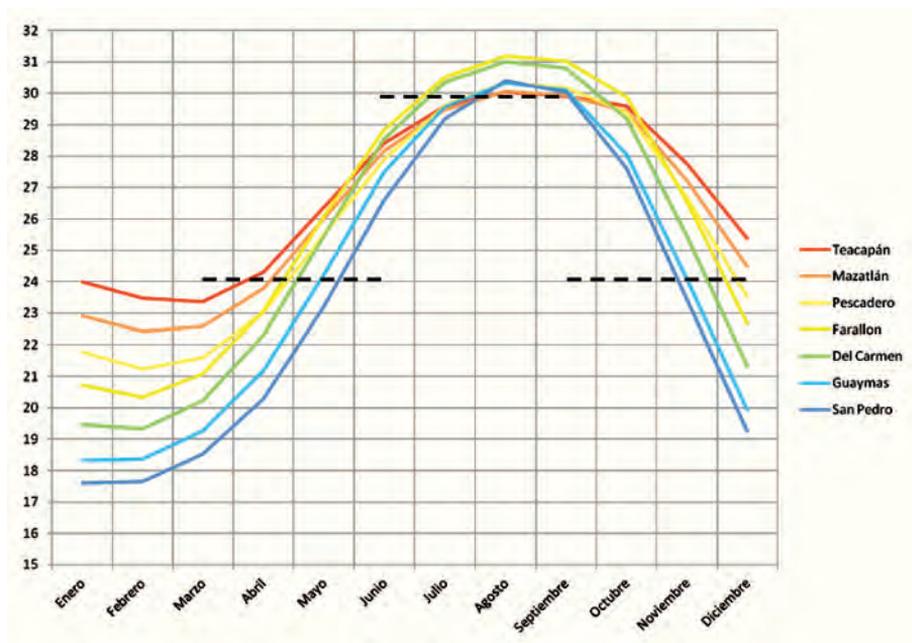


Figura 6.- Temperatura superficial promedio en la zona costera de las cuencas oceanográficas del Golfo de California para el periodo 1982-2010. Las líneas punteadas indican el intervalo de temperaturas 24-30°C.

Por lo anterior, de manera práctica el riesgo lo constituyen los tres elementos siguientes:

1. Fecha de primera llenado de estanques previa al mes de abril en JLSA con antecedentes de eventos de la EMB en el ciclo anterior.
2. Eventos climáticos que disminuyan las temperaturas del amanecer por debajo de 30°C en JLSA con antecedentes de eventos de la EMB.
3. Exposición de los cultivos a temperaturas del amanecer por debajo de 30°C , durante el otoño, en JLSA con antecedentes de eventos de la EMB de primavera o de verano.

Eventos de hipoxia intermitente y anoxia en sistemas de cultivo con organismos portadores del WSSV que:

En los márgenes de la Cuenca Oceanográfica Farallón, ubicada en el centro del Golfo de California, los primeros eventos de la enfermedad de la mancha blanca (EMB) durante la primavera del 2007, se manifestaron el 12 de junio, en un estanque de cultivo de camarón con

oscilación térmica 28-32°C, afectado por una baja de oxígeno a niveles inferiores a 1.0 mg.L⁻¹. Este evento fue precedido por un día nublado que interfirió con la radiación solar según los registros de las estaciones meteorológicas de la misma región, y que además expuso a la población por 48 horas a temperaturas estabilizadas entre 27 a 29°C, sin el calentamiento diurno asociado a temperaturas mayores a 30°C de acuerdo con termógrafos instalados en estanques de granjas de misma región. La mortalidad que inició con la baja de oxígeno, continuó con mortalidad creciente asociada a la EMB en el mismo estanque, con una expansión posterior de las manifestaciones de la enfermedad en diferentes estanques de la misma granja. Una característica relevante de esta granja consiste en que la toma de agua y la descarga ocurren en el mismo cuerpo de agua a una distancia menor a 500 m. La revisión de los antecedentes de esta enfermedad reveló que en años previos (2004-2006), de manera recurrente y generalizada, los primeros eventos de mortalidad por WSSV ocurrieron en el régimen Mayo-Junio, con temperaturas en ascenso y niveles de oxígeno en descenso. La mayor parte de los eventos de la enfermedad de la mancha blanca estuvieron asociados con la oscilación térmica 26°C al amanecer y 30°C al atardecer con niveles de oxígeno en la columna de agua inferiores a 3 mg.L⁻¹. En esta región la manifestación más evidente de la mortalidad asociada a la enfermedad de la mancha blanca ocurre al amanecer luego del periodo nocturnos en el que coinciden niveles de oxígeno y temperatura en sus límites inferiores, ya que los niveles de temperatura y oxígeno en sus límites superiores se encuentra asociados a la fase diurna. El descenso en los niveles de oxígeno al amanecer de los días de primavera se puede explicar por la conjunción de cuatro factores principales (a) el ascenso rápido de las temperaturas en el Golfo de California concurre con el incremento de biomasa en los sistemas de cultivo y el aumento en la respiración en los estanques (b) los sedimentos de los estanques, que son el principal consumidor de oxígeno durante la fase nocturna se incrementan sensiblemente por el incremento en los niveles de racionamiento de las dietas (c) los estanques entran en una fase de hiper-eutrofización, en los que el agua se enriquece sensiblemente de materia orgánica por una ecoeficiencia pobre en la retención de nitrógeno, fósforo y carbón en la biomasa de cultivo. El estudio de la asociación entre hipoxia intermitente y la enfermedad de la mancha blanca ha permitido elaborar las siguientes hipótesis si los eventos de hipoxia intermitente con niveles de oxígeno menores a 1.0 mg.L⁻¹ pueden inducir mortalidad selectiva en poblaciones de camarón ya infectadas por el WSSV, entonces el consumo de estos organismos por la población superviviente, puede incrementar la transmisión horizontal del virus, en dependencia de la densidad de la población superviviente y prevalencia de la enfermedad en la población afectada por la mortalidad. Adicionalmente, si la enfermedad de la mancha blanca está asociada a daño oxidativo en proteínas y lípidos por peroxidación y carbonilación, entonces los organismos enfermos pueden tener una menor capacidad respiratoria que los hace más vulnerables a una baja de oxígeno. Por otra parte, si la fagocitosis en hemolinfa, acoplada con la producción de radicales de nitrógeno y oxígeno en hemocitos y en células apoptóticas, son mecanismos oxígeno dependientes de defensa inmune en crustáceos, entonces un evento de hipoxia y anoxia puede interferir con la capacidad de clarificación del WSSV en tejidos de camarón.

Eventos de estrés oxidativo en sistemas de cultivo con organismos infectados por el WSSV con progreso de la EMB

En una investigación reciente desarrollada en el marco del Programa Integral de Sanidad Acuícola y financiada por la Alianza Estratégica y Red de Innovación en Sanidad e Inocuidad (Comités Estatales de Sanidad Acuícola, CONACYT y grupos de investigación del Noroeste) se encontró que el progreso de la enfermedad de la mancha blanca (EMB o WSD por sus siglas en inglés) en camarones blancos (*Litopenaeus vannamei*) infectados por el virus del síndrome de la mancha blanca (VSMB o WSSV por sus siglas en inglés) está asociado a procesos de peroxidación de lípidos en todos los tejidos y especialmente en las branquias, así como a carbonilación de proteínas en diferentes tejidos y especialmente en hemolinfa (Parrilla-Taylor 2011). Esta investigación fue motivada por reportes previos que asocian el progreso de la enfermedad de la mancha blanca a peroxidación de lípidos en todos los tejidos en *Fenneropenaeus indicus* y *Penaeus monodon* (Mohankumar y Ramasamy 2006, Mathew *et al.*, 2007). Entre las posibles consecuencias del daño oxidativo causado por la peroxidación y de la carbonilación se encuentra la pérdida de la función biológica de las moléculas involucradas. En el caso particular de las branquias y la hemolinfa del camarón blanco, puede estar implicada la pérdida de capacidad respiratoria. Indicativos de ello se pueden observar visualmente en la modificación del color en hemolinfa de azul a rosado, el enrojecimiento y acanelamiento observados en la cutícula del camarón blanco, y el nado superficial de los camarones más enfermos, que es una respuesta comportamental conocida de estas especies a la falta de oxigenación de los tejidos.

La peroxidación de lípidos y la carbonilación de proteínas son causadas por la presencia de radicales oxidrilo ($\bullet\text{OH}$), los cuales generan daño oxidativo en lípidos y proteínas que tienen dobles ligaduras, como es el caso de los lípidos insaturados que se encuentran en membranas de los tejidos de las especies de camarones y las proteínas ricas en aminoácidos aromáticos. Los radicales oxidrilos se generan por las reacciones de Fenton y de Haber-Weiss, ambas catalizadas por la presencia de iones de hierro reducido (Fe^{+2} o Fe(II)).

En los sedimentos marinos y en el agua intersticial se ha observado una acumulación de Fe^{+2} disuelto inmediatamente por debajo de las zonas que contienen iones NO_3^- . La acumulación de Fe^{+2} toma lugar inmediatamente después de la disminución de NO_3^- . En el agua intersticial (entre las partículas del sustrato) donde hay muy poco oxígeno libre, el Fe^{+2} es más soluble que el Fe^{+3} . El cual puede existir en forma libre no quelada (Sorensen 1982). Las concentraciones de Fe^{+2} en el agua intersticial por lo general son 40 veces mayores que en la columna de agua (Masuda y Boyd 1994). El ión Fe^{+2} es muy abundante en los sedimentos anaeróbicos desde los 20 cm por debajo del piso acuático (Zhu 2007), y forma parte de los lodos negros que se encuentran en los fondos marinos. Cuando estos lodos son removidos de los fondos y se mezclan con el agua generan el riesgo de que las concentraciones de Fe^{+2} se incrementen sensiblemente en la columna de agua. De acuerdo con Tacon (1987), en

peces y camarones el hierro es fácilmente absorbido a través del tracto intestinal, branquias y epidermis. En términos generales las fuentes inorgánicas de hierro son absorbidas más rápidamente que las orgánicas y el ion ferroso (Fe^{+2}) es absorbido más rápidamente que el ion férrico (Fe^{+3}).

Por otra parte se ha observado, mediante investigaciones experimentales y clínicas en varios taxos, que uno de los peligros del exceso de hierro (Fe) consiste en su habilidad para favorecer infecciones virales. Este elemento es esencial para la síntesis de viriones en las células del huésped, también empeora las funciones de defensa celular y favorece las infecciones virales animales. En modelos animales y humanos, las infecciones virales causan la sobre expresión del sistema de defensa relacionado con la retención de hierro. Se ha observado que los factores que suprimen este sistema favorecen la progresión viral, por el contrario los factores que lo favorecen aumentan la defensa del huésped (Weinberg 1996).

La formación de lodos anaeróbicos y su remoción facilita la movilización de otros iones metálicos, además de Fe^{+2} , desde el estrato subsuperficial de los fondos marinos a la columna de agua. Se ha reportado que el ión cobre, al igual que Fe^{+2} , también puede catalizar las reacciones de Fenton (Lloyd y Phillips 1999), las cuales generan los radicales oxidrilos causantes del daño oxidativo. En camarones se ha reportado que el aumento en la concentración de este ión también está relacionado con el daño oxidativo. En exposiciones de *Penaeus monodon* a diferentes concentraciones de Cobre (Cu) durante 48 horas se observó que el Cu^{+2} puede inducir estrés oxidativo, apoptosis celular e inhibir la actividad fagocítica causando daño letal, posiblemente relacionado con una disminución drástica en el conteo total de hemocitos causado por la apoptosis inducida por los radicales libres de oxígeno (Jian-An *et al.*, 2010).

El daño oxidativo ha sido identificado en el Plan de Manejo Sanitario (2010) como uno de los ocho factores de riesgo sanitario asociados a la enfermedad de la mancha blanca. El riesgo involucra elementos relacionados con el manejo de sedimentos en sistemas de cultivo dentro de las granjas, así como a eventos de remoción de lodos anaeróbicos en el ecosistema adyacente sean de origen antropogénico o climático, tales como:

- ◇ Dragados de canales de llamada y reservorios realizados durante el ciclo de cultivo o en momentos previos al inicio del mismo.
- ◇ Obras de ingeniería en instalaciones de cultivo que involucren la exposición de la columna de agua a la mezcla de lodos anaeróbicos.
- ◇ Eventos ambientales que provoquen la mezcla de sedimentos anaeróbicos con la columna de agua en sistemas de cultivo o en el ecosistema adyacente.

El Plan de manejo

El “Plan de Manejo de los Factores de Riesgo Sanitario de la Enfermedad de la Mancha Blanca” (AERI, 2009) es un documento que resume los riesgos antes descritos y plantea objetivos de manejo preventivo para cada uno, los cuales se muestran en la Tabla IV.

Tabla IV.- Objetivos de manejo preventivo para cada uno de los riesgos identificados.

Riesgo	Objetivo de Manejo Preventivo
1. Permanencia del virus en los sistemas de cultivo entre un ciclo y otro	Minimizar la carga viral residente en las granjas de cultivo afectadas por el WSSV antes de iniciar los ciclos de producción.
2. Prevalencia viral en poblaciones de macro-crustáceos y vectores planctónicos del ecosistema adyacente a las JLSA	Contribuir a reducir la incidencia del WSSV en poblaciones silvestres del ecosistema adyacente a las JLSA y su reintroducción a las granjas de cultivo.
3. Incidencia del WSSV en poblaciones en cautiverio, pies de cría, reproductores y postlarvas de <i>L. vannamei</i>	Abatir el riesgo de propagación del WSSV a través de larva proveniente de laboratorios comerciales de producción
4. Propagación del WSSV por la vía de materiales, vestuario, equipos, productos de cosecha, su proceso, transporte y contenedores utilizados en zonas afectadas por la EMB que se introduzcan a sistemas de cultivo	Minimizar la propagación del WSSV por la vía de materiales, equipos, productos de cosecha, contenedores y transportes contaminados
5. Propagación del WSSV desde un sistema de cultivo infectado a otros por la vía acuática	Minimizar la propagación del WSSV desde un sistema de cultivo infectado a otros, de unas granjas con la EMB a otras, y de unas JLSA con eventos de la EMB a otras
6. Regímenes térmicos permisibles para la replicación viral del WSSV	Disminuir el riesgo de exposición de los cultivos a los regímenes térmicos adecuados para la replicación viral del WSSV durante la primavera y el otoño.
7. Eventos de hipoxia intermitente y anoxia en sistemas de cultivo con organismos portadores del WSSV	Disminuir el riesgo de exposición de los cultivos a condiciones de eventos de hipoxia intermitente y anoxia
8. Eventos de estrés oxidativo en sistemas de cultivo con organismos infectados por el WSSV con progreso de la EMB	Promover la calidad ambiental adecuada de los sistemas de cultivo que reduzca la incidencia de eventos de estrés oxidativo que deterioren la capacidad respiratoria y condición fisiológica de los organismos en cultivo

El documento también establece estrategias y acciones específicas para su aplicación (AERI, 2009), entre las que sobresalen las siguientes recomendaciones:

- ◇ Realizar un vacío sanitario generalizado al noroeste de México centrado en el invierno igual o mayor a cuatro meses en función de los antecedentes y características de las JLSA, cuencas oceanográficas o Estados.
- ◇ Promover el retraso de fechas de llenado de estanques en aquellos estanques con recurrencia de la enfermedad o que hayan resultado positivas en el ciclo inmediato anterior.
- ◇ Promover medidas que contribuyan a reducir la retroalimentación del virus desde las granjas a los ecosistemas adyacentes a las JLSA, es decir, evitar la cosecha a compuerta abierta en estanques positivos a WSSV.
- ◇ Promover fechas de llenado de estanques del primer ciclo a nivel de JLSA con aproximación al mes de abril.
- ◇ Promover fechas de secado de estanques en JLSA o Cuencas oceanográficas que disminuyan el riesgo de exposición a temperaturas de riesgo durante el otoño en JLSA con antecedentes de la EMB en primavera y verano, o que tengan vecindad con JLSA con los antecedentes mencionados.



Figura 7.- Sistema de análisis y manejo de la información epidemiológica en el marco del Plan de Manejo sanitario de la EMB.

El ánimo de este Plan (Fig. 7) consiste en servir de base para el manejo sanitario de la enfermedad de la mancha blanca durante cada ciclo de cultivo, se le de seguimiento a sus

resultados y con base en la evaluación del mismo se realicen las modificaciones pertinentes para el siguiente ciclo, sobre la base de un sistema de mejora continua analizado de manera conjunta entre productores, autoridades y academia.

Referencias

- AERI 2009. Vacío sanitario 2009-2010 y Estrategias de Plan de Manejo sanitario. *Boletín Informativo del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, A.C.* Diciembre 2009, no. 1: 3-14.
- Ahl A.S., J.A. Acree, P.S. Gipson, R.M. McDowell, L. Miller, M.D. McElvaine. 1993. Standardization of nomenclature for animal health risk analysis. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 12 (4):1045-1053.
- Alvarez-Ruiz P. (en proceso). Inducción de actividad antiviral por silenciamiento de genes endógenos en *L. vannamei* mediante RNA de interferencia. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México.
- Chávez-Sánchez M.C., Montoya-Rodríguez L. 2006. *Buenas prácticas y medidas de bioseguridad en granjas camaronícolas*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. pp. 95.
- Coburn A.W., Spence R.J.S., Pomonis A. 1991. Vulnerability and Risk Assessment, UNDP Disaster Management Training Program, New York.
- Coburn A.W., Spence R.J.S., Pomonis A. 1994. Vulnerability and Risk Assessment. 2nd Edition. Disaster Management Training Programme 1991. Cambridge Architectural Research Limited, The Oast House, Malting Lane, Cambridge, United Kingdom.
- Del Río Rodríguez R.E. 2004. *Enfermedades de animales acuáticos: Una amenaza para la sostenibilidad de la acuicultura costera en México*. Capítulo 41. pp 561-571. El Manejo Costero en México”, Rivera-Arriaga, Azuz-Adeth y Rosado-May (Eds) SEMARNAT-UAC-CETYS-UQROO. ISBN 968-5722-12-9.
- D.O.F. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-030-PESC-2000, que establece los requisitos para determinar la presencia de enfermedades virales de crustáceos acuáticos vivos, muertos, sus productos o subproductos en cualquier presentación y *Artemia* (*Artemia* spp), para su introducción al territorio nacional y movilización en el mismo. Diario Oficial de la Federación 10 de diciembre de 2001. SAGARPA, México. 31 pp.
- Escobedo-Urías D.C. 2010. Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México.
- Esparza-Leal H.M. 2010. Región epidémica, régimen de infección y evaluación de la vía acuática como mecanismo de dispersión del virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en granjas camaronícolas del Noroeste de México. Tesis de Doctorado en

- Ciencias. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- Esparza-Leal H.M., Escobedo-Bonilla C.M., Casillas-Hernández R., Álvarez-Ruiz P., Portillo-Clark G., Valerio-García R.C., Hernández-López J., Méndez-Lozano J., Vibanco-Pérez N., Magallón-Barajas F.J. 2009. Detection of white spot syndrome virus in filtered shrimp-farm water fractions and experimental evaluation of its infectivity in *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. *Aquaculture* 292: 16-22.
- Esparza-Leal H.M., Magallón-Barajas F., Álvarez-Ruiz P., Escobedo-Bonilla C.M., Portillo-Clark G., Valerio-García R.C., Pérez-Enriquez R., Hernández-López J., Méndez-Lozano J., Vibanco-Pérez N., Mañón-Ríos N., Casillas-Hernández R. 2010. Infection of WSSV-negative shrimp *Litopenaeus vannamei* cultivated during the transition from summer to autumn season. *Journal World Aquaculture Society* 41: 912-922.
- Esparza-Leal H.M., Cabanillas-Ramos J.A., Casillas-Hernández R., Valenzuela-Quiñónez W., Rodríguez-Quiroz G., Portillo-Clark G., Pérez-Enriquez R., Hernández-López J., Magallón-Barajas F. Región endémica y regímenes de infección con el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en las granjas camaronícolas del Noroeste de México. En evaluación.
- Evans A. S. 1976. Viral infections of humans: Epidemiology and control. New York Plenum Medical Book Co. 584 p. ISBN: 0306308800.
- Gao H., Kong J., Li Z., Xiao G., Meng X. 2011. Quantitative analysis of temperature, salinity and pH on WSSV proliferation in Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* by real-time PCR. *Aquaculture* 312: 26-31.
- Granja C.B., Vidal O.M., Parra G., Salazar M. 2006. Hyperthermia reduces viral load of white spot syndrome virus in *Penaeus vannamei*. *Diseases in Aquatic Organisms* 68: 175-180.
- Jian-An, X. An-Li, W. Chao-Xia, Y. Xiao-Dan, C. Wei-Na, W. 2010. Phagocytic activity, respiratory burst, cytoplasmic free-Ca²⁺ concentration and apoptotic cell ratio of haemocytes from the black tiger shrimp, *Penaeus monodon* under acute copper stress. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C Toxicology & Pharmacology* 152: 182-188.
- Kleinjans J.C. 2003. Principles in toxicological risk analysis. *Toxicology Letters* 311: 140-141.
- Lloyd D.R., Phillips D.H. 1999. Oxidative DNA damage mediated by copper(II), iron(II) and nickel(II) Fenton reactions: evidence for site-specific mechanisms in the formation of double-strand breaks, 8-hydroxydeoxyguanosine and putative intrastrand cross-links. *Mutant Research* 424:23-36.
- Mañón-Ríos N. 2011. Identificación de organismos silvestres que actúen como reservorio natural y su asociación en la dispersión de los virus WSSV e IHNV en granjas camaronícolas del noroeste del Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias.

Instituto Politécnico Nacional. México.

- Marinone S.G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 108 (C10): 3325.
- Masuda K., Boyd C.E. 1994. Effects of aeration, alum treatment, liming, and organic matter application on phosphorus exchange between soil and water in aquaculture ponds at Auburn, Alabama. *Journal of the World Aquaculture Society* 25: 405–416.
- Mathew S., Kumar K.A., Anandan R., Viswanathan Nair P.G., Devadasan K. 2007. Changes in tissue defense system in white spot syndrome virus (WSSV) infected *Penaeus monodon*. *Comparative Biochemistry and Physiology C* 145: 315-320.
- Mohankumar, K., Ramasamy, P. 2006. White spot syndrome virus infection decreases the activity of antioxidant enzymes in *Fenneropenaeus indicus*. *Virus Research* 115: 69–75.
- Müller-Graf C., Candiani D., Barbieri S., Ribó O., Afonso A., Aiassa E., Have, P., Correia S., De Massis, F., Grudnik, T., Serratos J.. 2007. *Risk assessment in animal welfare – EFSA approach*. Proc. 6th World Congress on Alternatives & Animal Use in the Life Sciences August 21-25, 2007, Tokyo, Japan. . AATEX 14, Special Issue, 789-794.
- NRC-NAS 1994. *Science and judgement*. National Research Council, National Academy of Sciences, National Academy of Sciences Press, Washington, DC.
- OIE-IAHC 2011. Guidelines for risk analysis. International Animal Health Code – 2000. <http://www.aphis.usda.gov/oieamericas/oiechp1.4.2.htm>
- Parrilla-Taylor P. 2011. Estrés oxidativo y actividad enzimática antioxidante en *Litopenaeus vannamei* infectado con virus del síndrome de la mancha blanca (VSMB)”. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México.
- Peeler E.J., Murray A.G., Thebault A., Brun E., Giovaninni A., Thrush M.A. 2007. The application of risk analysis in aquatic animal health management. *Preventive Veterinary Medicine* 81: 3–20.
- Rahman M.M., Escobedo-Bonilla C.M., Dantas-Lima J.J., Whille M., Alday-Sanz V., Pensaert M.B., Sorgeloos P., Nauwynck H.J. 2006. Effect of high water temperature (33 °C) on the clinical and virological outcome of experimental infections with white spot syndrome virus (WSSV) in specific pathogen free (SPF) *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 261: 842–849.
- Ruiz-Velazco J.M.J., Hernández-Llamas A., Gomez-Muñoz V.M., Magallon F.J. 2010. Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. *Aquaculture* 300, 113-119.
- Rushton J., Upton M. 2006. Investment in preventing and preparing for biological emergencies and disasters: social and economic costs of disasters versus costs of surveillance and response preparedness. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 25:375-388.

- Sniezko S. F. 1973. Recent advances in scientific knowledge and developments pertaining to disease of fishes, p. 291-314. In: E. C. Brandly y C. E. Cornelius (Eds.) *Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine*. Academic Press, New York. 342 p.
- Sorensen J. 1982. Reduction of Ferric Iron in Anaerobic, Marine Sediment and Interaction with Reduction of Nitrate and Sulfate. *Applied and Environmental Microbiology* 43: 319-324.
- Tacon A.G.J. 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp - a training manual. The essential nutrients. FAO Reports. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB470E/AB470E06.htm>.
- Thrusfiel M., 1995. *Veterinary Epidemiology*. Blackwell Sciences, 479 p.
- UNDRO 1979. Natural disasters and vulnerability analysis. Report of expert group meeting 9–12 July 1979, Office of the United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.
- Vazquez-Boucard C., Alvarez-Ruiz P., Escobedo-Fregoso C., Anguiano-Veja G., Duran-Avelar M.J., Serrano-Pinto V., Escobedo-Bonilla C.M. 2010. Detection of white spot syndrome virus (WSSV) in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology* 104: 245–247.
- Vidal O.M., Granja C.B., Aranguren F., Brock J.A., Salazar M., 2001. A profound effect of hyperthermia on survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles infected with White spot syndrome virus. *Journal of the World Aquaculture Society* 32: 364–372.
- Vijayan K.K., Raj V.S., Balasubramanian C.P., Alavandi S.V., Sekhar V.T., Santiago, T.C. 2005. Polychaete worms - a vector for white spot syndrome virus (WSSV). *Diseases of Aquatic Organisms* 63: 107-111.
- Weinberg E. D. 1996. Iron withholding: Mini-Review: A defense against viral infections. *BioMetals* 9: 393-399.
- Zhu G., Qin B., Gao G., Zhang L., Luo L., Zhang Y. 2007. Effects of hydrodynamics on phosphorus concentrations in water of lake Taihu, shallow, eutrophic lake of china. *Hydrobiologia* 581:53-61.

Proceso de regionalización sanitaria y su impacto en la acuacultura

Benítez¹ G.J., Portillo² C.G., Topete³ D.G.

¹Jorge L Benítez García, ²Guillermo Portillo Clark, ³Guadalupe del Rocío Topete Duarte. Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Sonora, A.C., Chihuahua 111 sur L-1, Col Centro. Cd. Obregón, Sonora, México. cosaes_benitez@hotmail.com, gportillo@cosaes.com, grocio_topete@hotmail.com.

Introducción

El impacto de las enfermedades y plagas constituye un riesgo para las especies de animales y vegetales que son útiles al hombre, a las de vida silvestre y en ocasiones son también nocivas para el hombre, es decir son enfermedades zoonóticas.

Por lo regular la presencia de enfermedades en los cultivos vegetales o animales significa un impacto económico negativo debido a la pérdida de producción, los mecanismos de control, y a la dificultad de la comercialización hacia mercados externos o internos por la dificultad de movilizarlo entre zonas de diferentes estatus.

En México se tiene una cultura fitozoosanitaria muy arraigada, se ha desarrollado un trabajo coordinado muy interesante entre autoridades federales y estatales, con los productores y con los organismos auxiliares que los representan como son los comités de fomento de producción pecuaria y los comités de sanidad vegetal.

Los resultados que se tienen actualmente en materia de sanidad son muy importantes siendo 10 enfermedades de diferentes grupos de animales de las cuales México está declarado libre (Fig. 1) y que le permite por tanto impedir la importación de organismos y productos de países con menor estatus sanitarios que podrían poner en riesgo a la industria en el país, y además esta situación sanitaria nos facilita la exportación de estos productos a mercados internacionales.



Figura 1.- Cultura fitozoosanitaria en México

Actualmente operan además a nivel nacional 18 programas y campañas fitosanitarias, mismas que se encuentran enlistadas en la figura 2, y en el mapa se puede ejemplificar como se identifican las zonas libres en este caso contra mosca de la fruta, las zonas que se encuentran en baja prevalencia, y las zona que se encuentran bajo control fitosanitario.



Figura 2.- Campañas y Programas Fitosanitarios en México.

Así mismo se tienen actualmente 8 campañas zoosanitarias en operación en el país con diferentes estatus sanitarios, el objetivo final en todas ellas es lograr que México se libere de estas enfermedades y poder notificarlo ante la OIE (Fig. 3).

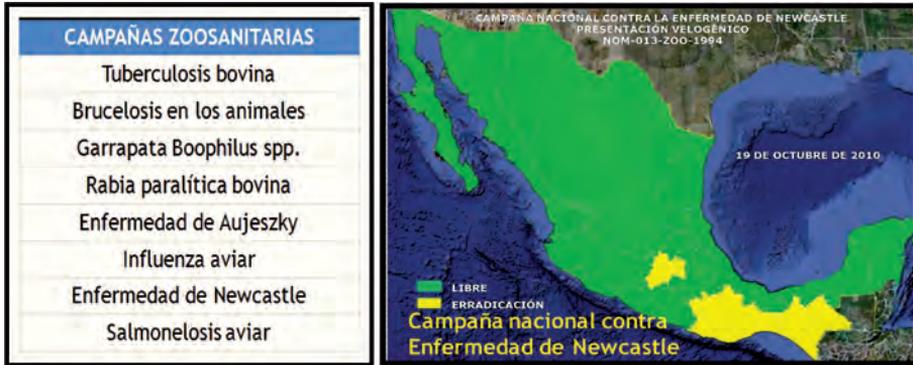


Figura 3.- Campañas y Programas Zoonosarios en México.

La acuicultura en México

La experiencia de muchos años de trabajo y esfuerzo que el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) ha realizado en México se debe aprovechar para la industria acuícola, ahora que ésta es parte de sus atribuciones a partir del 2007. Según estadísticas de FAO, la acuicultura es el sector productivo con mayor crecimiento anual en el mundo con un 9,4% en comparación con el 5,1% en aves y el 3,1% en cerdos. Por otro lado la actividad acuícola está ampliamente desarrollada en todo el país, según datos de la Comisión Nacional de Pesca y Acuicultura (CONAPESCA), en los estados de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Colima y Yucatán predomina la actividad camaronícola. En los estados de Baja California, Veracruz y Tabasco el cultivo de moluscos bivalvos y en el resto del país marcado en azul el cultivo de peces de diferentes grupos (Fig. 4).



Figura 4.- Cultivos acuícolas predominantes por Entidad Federativa (2009)

La producción nacional acuícola que se generó en el 2009 fue de 285.361 t, de éstas el 46,7% del volumen correspondió principalmente a camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Bone 1931), el 39,1% a peces de diferentes especies principalmente dulceacuícolas, el 13,7% al grupo de moluscos bivalvos y el 0,5% restante corresponde a otras especies.

En el 2009 se produjeron en México alrededor de 135.700 toneladas de camarón de cultivo, de estas Sonora contribuyó con el 60% de la producción, el valor de esta producción se estima en 400 millones de dólares, además de la generación de una gran cantidad de empleos directos e indirectos. Esta producción y el valor que significa es lo que ha motivado a los productores sonorenses a iniciar estos procesos de regionalización buscando un estatus sanitario para nuestros productos de origen acuícola.

Principales enfermedades de los crustáceos

Las principales enfermedades de los crustáceos se pueden clasificar en dos grupos según la organización mundial de salud animal (OIE), las de declaración obligatoria a la OIE, y las enfermedades emergentes.

Entre las primeras se encuentran las más conocidas por su impacto económico, la enfermedad de las manchas blancas (WSSV), necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa (IHHNV), síndrome del taura (TSV), enfermedad de la cabeza amarilla (YHV), mionecrosis infecciosa (IMNV), hepatopancreatitis necrotizante (NHP), enfermedad de la cola blanca (MrNV), y plaga del cangrejo del río. En México hemos tenido malas experiencias con algunas de estas enfermedades.

Entre las enfermedades emergentes que se definen como aquellas nuevas infecciones resultado de la evolución o modificación de un agente patógeno o parásito existente, que cambia de espectro de hospedadores, vector, patogenicidad o cepa; también se incluyen las infecciones o enfermedades desconocidas hasta el momento de su aparición. Entre éstas se encuentran baculovirus mondon (MBV), necrosis hepatopancreática baculoviral (BMNV), parvovirus hepatopancreático (HPV), virus de Laem-Singh (LSNV), virus de Mourilvan (MoV), Baculovirus penaei (BP), virus de la vacuolización del órgano linfoide (LOVV) y nodavirus (PvNv).

Las enfermedades que mayor impacto han tenido en el mundo por las mortalidades que ocasionan y por las pérdidas económicas que han significado son: enfermedad de las manchas blancas que suman en Asia y América cerca de 8.000 millones de dólares. IHHNV con pérdidas estimadas entre 500 y 1.000 millones de dólares. El síndrome del taura, la enfermedad de la cabeza amarilla y la más reciente mionecrosis infecciosa con pérdidas generadas entre 100 y 200 millones de dólares. En total se estiman entre 9.600 y 12.700 millones de

dólares en pérdidas causadas por estas enfermedades.

En México las enfermedades notificables que tenemos presentes son: la enfermedad de las manchas blancas desde 1999, el IHNV identificado desde mediados de la década de los 80's. El síndrome del taura identificado en 1994 y la hepatopancreatitis necrotizante causada por una bacteria intracelular que se ha tratado de controlar con fármacos. Los reportes existentes de YHV no han podido ser comprobados a pesar de estar publicados y en los últimos años no se han tenido nuevos reportes. Y respecto a la mionecrosis infecciosa no existen reportes conocidos en México.

La distribución de enfermedades notificables para crustáceos se presenta a continuación en este planisferio y aquí habría que resaltar en que regiones y países se encuentran las enfermedades notificables que aún no tenemos en México y cuya importación representa un mayor riesgo para el país. Estos son los países asiáticos, Australia y Brasil (Fig. 5).

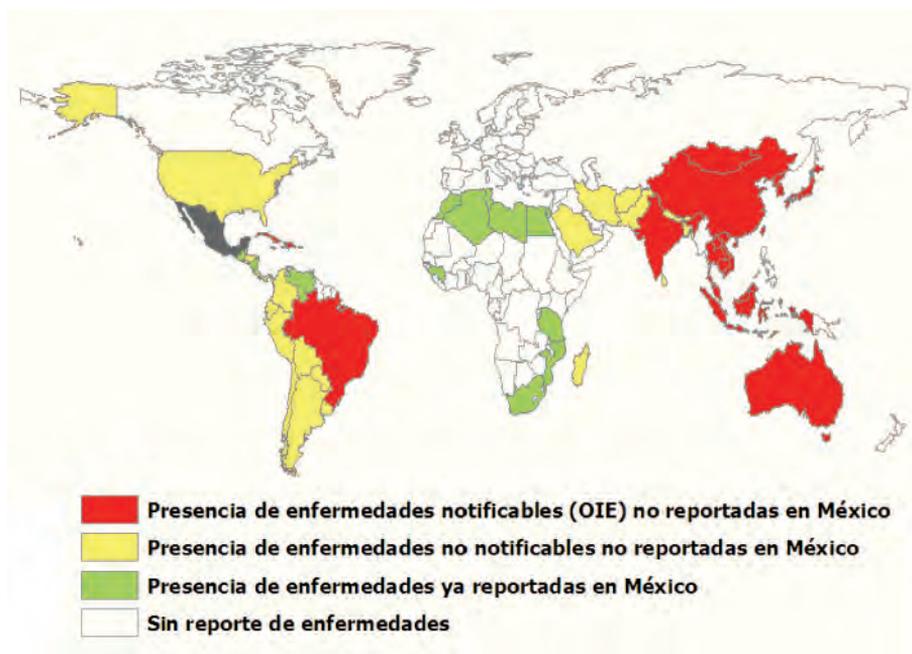


Figura 5.- Situación sanitaria internacional respecto a enfermedades de crustáceos.

Las enfermedades no notificables que son el parvovirus hepatopancreático, virus de la vacuolización del órgano linfoide, nodavirus que aun no hemos reportado en el país se encuentran coloreadas en tono crema. Y la presencia de enfermedades que ya se han reportado en México y que se presentan en otros países se encuentra en color verde.

Esta ampliamente documentado que la dispersión de enfermedades en el mundo se

lleva a cabo principalmente por las importaciones de productos y especies acuícolas. Debido a este alto riesgo se han implementado acuerdos, códigos y lineamientos entre países apoyados y coordinados por organismos internacionales como la OIE, que actualmente incluye 177 países y territorios miembros y que es el encargado de mejorar la sanidad animal en el mundo. Aunque existen países que plantean sus propias estrategias para protegerse, como es el caso de Brasil, en donde la asociación brasileña de criadores de camarón ha propuesto el incremento de la producción como una medida para satisfacer la demanda del mercado interno y evitar las importaciones.

En México existen reportes que señalan que entre 2003 y 2008 se importaron un total de 36.237 toneladas de crustáceos decápodos en diferentes presentaciones; lo alarmante de esto es que el 61% de este volumen se importó de países que presentan enfermedades no reportadas en México, esto significa un grave riesgo para la industria, por lo cual autoridades y productores debemos buscar las estrategias para protegernos. Afortunadamente tenemos las medidas de control en nuestra propia normatividad para controlar estas importaciones, sin embargo, la falta de conocimiento por parte de los productores y la falta de iniciativa de las autoridades, ha provocado que nos mantengamos pasivos ante los riesgos potenciales que significan las importaciones de camarón.

Los artículos 103, 104 y 109 de la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable confieren al SENASICA la facultad en materia de sanidad de especies acuícolas, así como de establecer medidas de diagnóstico, detección, erradicación, prevención y control para evitar la introducción y dispersión de enfermedades. Se señala como medidas sanitarias, las campañas sanitarias, la cuarentena, el diagnóstico e identificación de enfermedades, la retención y disposición de especies acuáticas vivas, sus productos y subproductos.

El artículo 110 prevé la declaración de los estatus sanitarios de las entidades federativas, como zona libre, zona en vigilancia, zona de escasa prevalencia y zona infectada de enfermedades o plagas de especies acuáticas.

El proceso de regionalización para poder declarar un estatus sanitario en un estado, región o país es un procedimiento recomendado por la OIE a efectos de definir áreas geográficas de diferentes estatus zoonosanitarios y para regular el comercio internacional evitando la dispersión de enfermedades.

El estado de Baja California Sur y el de Sonora actualmente se encuentran en proceso de obtener un reconocimiento oficial como zona libre de cabeza amarilla y de mionecrosis infecciosa para lo cual se sigue el proceso descrito en la figura 6. La integración de un expediente técnico en cual se presenta la siguiente información: los antecedentes de la enfermedad en la zona, recursos humanos existentes en la entidad para control de la enfermedad, siendo recursos humanos federales, estatales y de los organismos auxiliares de sanidad acuícola;

resultados de diagnósticos y vigilancia epidemiológica, la creación del grupo de emergencia, controles de movilización entre otros. Una vez que se integra y se revisa conjuntamente con la autoridad federal este expediente se hace entrega oficial y la solicitud de la regionalización por parte de la delegación de la entidad correspondiente. Por parte del SENASICA se lleva a cabo la recepción y evaluación del expediente y si procede se realiza el proceso oficial de liberación el cual concluye con la publicación en el Diario Oficial de Federación del estatus sanitario logrado, esta última etapa se realiza a través de la Comisión Federal de mejora Regulatoria (COFEMER).



Figura 6.- Proceso de regionalización en Sonora.

Regionalización en México

A nivel nacional, Sonora está colaborando con la Dirección de Epidemiología y Análisis de Riesgos del SENASICA para coordinar a 12 comités estatales de sanidad acuícola para realizar los muestreos oficiales e integrar la documentación necesaria que permita lograr la declaratoria de México como país libre de la enfermedad de cabeza amarilla y de mionecrosis infecciosa. En este proceso es muy importante la participación activa de los comités de sanidad acuícola y de las autoridades estatales y federales de las entidades involucradas. Los estados que participan son: Baja California, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán.

Acciones similares se deben empezar a implementar en los cultivos de trucha, bagre y tilapia ya que en los últimos años la producción nacional de peces por acuicultura se ha incrementado en 15,6%.

En los últimos 5 años la producción de peces por acuicultura en México que se tiene reportada es de 537.427 toneladas. El 31% de esta producción está compuesta por especies susceptibles a enfermedades clasificadas como notificables por la OIE. Por lo que sería importante identificar cual es el estatus sanitario en el país de estas enfermedades e implementar las campañas sanitarias para la prevención, control y erradicación con el propósito de declarar zonas libres y proteger una actividad productiva que generara empleos, alimentos, y divisas.

De igual manera, la importancia que tiene el cultivo de ostión, abulón, mejillón y algunas especies de almejas en país hacen ver la importancia de incurrir en estos procesos de regionalización. En el 2009 la producción de moluscos en México represento el 13,7% de la producción nacional por acuicultura.

Por otro lado en México solo tenemos presencia de dos enfermedades notificables. *Perkinsus marinus* y *Xenohaliotis californiensis*, y aunque no se reporta como enfermedad emergente en la OIE, la enfermedad provocada por el *Herpesvirus* habría que considerarla así en México.

Conclusiones

Lograr un estatus libre de enfermedades en los diferentes cultivos acuícolas que se desarrollan en México, significa para la industria mexicana y especialmente para los productores la oportunidad de mantenerse en el mercado en una actividad que actualmente tiene niveles importantes de crecimiento, que es competitiva, que se presenta ante la oportunidad de acceder a los mercados nacionales e internacionales con un gran *plus*, como lo es la calidad sanitaria e inocua que le dan la aplicación de buenas prácticas de cultivo que se promueven y realizan en el país.

Los procesos de regionalización permiten establecer mayores controles en la movilización de organismos vivos, de productos y subproductos entre zonas con presencia de enfermedad y zonas libres o de baja prevalencia, protegiendo siempre aquellas zonas ubicadas con mayor estatus sanitario.

Ante el escaso conocimiento de estos procesos entre el sector productivo se debe promover acciones por parte de las autoridades federales y estatales tendientes a capacitar a productores para participar en forma activa de tal manera que las medidas sanitarias que ya se aplican permitan alcanzar mejores estatus sanitarios y mantenerse en ellos a través de buenas

prácticas de cultivo.

Ante la gran diferencia de avance que existe entre las sanidad animal y vegetal con respecto a la sanidad acuícola por la reciente incorporación de ésta última al SENASICA, se deben generar las áreas operativas específicas para la acuicultura en sus diferentes direcciones de tal manera que permitan avanzar de manera más rápida en el establecimiento de campañas sanitarias que permitan alcanzar estatus sanitarios que satisfagan las necesidades del país.

Finalmente es necesario que esta capacidad operativa del SENASICA a nivel central, se vea reflejada en las entidades federativas, para que sea más ágil en la aplicación de actos de autoridad que sea necesario aplicar cuando no se respeten las medidas sanitarias que se tengan establecidas.

Bibliografía

- Bondad-Reantaso M., Subasinghe R., Arthur J., Ogawa K., Chinabut S., Adlard R., Tan Z., Shariff M. 2005. Disease and health management in Asian Aquaculture. *Veterinary Parasitology* 132: 249–272.
- Chávez M., Montoya L. 2009. Peligros de introducción de patógenos en camarón importado. Fundación Produce. Culiacán, Sinaloa: 41 pp.
- Lightner D. 2010. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Journal of Invertebrate Pathology*. Vol. 106, Issue 1, Pags 110-130.
- Walker P., Winton J. 2010. Emerging viral diseases of fish and shrimp. *Vet. Res.* 41(6): 51.
<http://www.senasica.gob.mx/?id=947>
http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2009_capitulo_i_preliminar
<http://www.cosaes.com/>
<http://www.oie.int/es/normas-internacionales/codigo-acuatico/acceso-en-linea/>
<http://www.fao.org/docrep/013/i1890t/i1890t.pdf>
<http://www.fis.com/fis/worldnews/index.asp?l=s>

Alianza estratégica y red de innovación de la industria acuícola: caso de éxito de una estrategia de vinculación entre la investigación y la industria

Perez-Enriquez*R., Magallón Barajas F., Hernández López J.

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR), Mar Bermejo 195,
Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. 23090, México

*rperez@cibnor.mx

Resumen

La camaronicultura mexicana ha estado sufriendo fuertes pérdidas económicas debido a las mortalidades ocasionadas por el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca, las cuales se ubican en el orden de \$100 millones de dólares anuales. Ante la necesidad de detectar soluciones a esta problemática, el sector académico y el sector acuícola del noroeste de México conformaron la Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI), la cual está constituida por más de ocho instituciones académicas mexicanas lideradas por el CIBNOR y más de 600 empresas acuícolas, representadas por los Comités de Sanidad Acuícola. En este trabajo se describe la estrategia de organización y operación de la AERI para la realización de investigación científica y tecnológica orientada a la problemática del sector, que constituye la base del éxito del modelo de vinculación entre academia y empresas. La AERI se constituyó sobre la base de una planeación estratégica que incluyó un análisis de la problemática más importante, un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, dando como resultado un Plan de Desarrollo de mediano plazo para el período 2008-2012. En este Plan, se delinearán las líneas temáticas de trabajo conjunto entre academia y sector acuícola en el ámbito de la sanidad, la inocuidad, el mejoramiento productivo, la organización y la capacitación. Se describen algunos de los resultados de las investigaciones en términos de los análisis epidemiológicos de la enfermedad de la mancha blanca, de la influencia de factores biológico-ambientales y de las alternativas tecnológicas para la prevención y control. El trabajo discute sobre el éxito de la estructura organizativa para el logro de los proyectos sobre la base de un financiamiento con una importante participación del sector productivo, así como de adecuados mecanismos de comunicación y transferencia de resultados entre el sector académico y el productivo.

Palabras clave

Camarón, *Litopenaeus vannamei*, sanidad acuícola, WSSV

Introducción

La acuicultura es la actividad de producción primaria con mayor crecimiento en el mundo, con estimaciones que se aproximan a un promedio de 13% anual en los últimos 15 años en los países latinoamericanos (FAO, 2006). En México, la industria acuícola marina se basa fundamentalmente en el cultivo de ostras y camarón, siendo este último el de mayor valor, el cual se estima en aproximadamente \$400 millones de dólares (CONAPESCA, 2008). Desde el punto de vista social la acuicultura del noroeste de México es una actividad altamente generadora de empleos; se estima que dicha región cuenta con más de 20 mil empleos directos (CONAPESCA, 2008). Por lo anterior, el Gobierno de México reconoce a la acuicultura como una actividad prioritaria de Seguridad Nacional (D.O.F., 2007; SAGARPA, 2007).

Sin embargo, la acuicultura es una actividad altamente influenciada por factores externos (biológicos y ambientales) que la tornan de alto riesgo. Un caso concreto es el del cultivo de camarón *Litopenaeus vannamei*, en el que se estiman pérdidas de aproximadamente \$100 millones de dólares anuales (Comités de Sanidad Acuícola de Sonora y Sinaloa, com. pers.) por efectos de la mortalidad causada por el Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (VSMB). Esta situación, ha puesto al sector acuícola en una posición de baja rentabilidad y competitividad, particularmente ante un entorno cada vez más complejo que involucra, además de las enfermedades, el incremento de los costos de los insumos y de la competencia internacional.

La solución de la problemática sanitaria, así como la concerniente a la de la rentabilidad, exige la búsqueda de estrategias a través del mejoramiento tecnológico basado en la investigación científica. Sin embargo, la vinculación entre el sector productivo y el académico se ha visto, en general, limitada por la falta de comprensión mutua sobre las características y alcances del trabajo académico. Por una parte, los productores desean que la investigación les dé resultados inmediatos que resuelvan la problemática, por lo que están poco interesados en que los investigadores realicen los trabajos de ciencia básica que son esenciales para comprender los fenómenos que interactúan en dicha problemática. Por la otra parte, los investigadores organizan su investigación más con el fin de contestar preguntas en el ámbito científico que para la obtención de productos de uso y aplicación práctica para los productores.

Por lo anterior, el reto de ambos sectores es el diseño de estrategias de trabajo que

conjuntan los esfuerzos de la investigación científica y tecnológica, orientándolas a la problemática planteada por los productores acuícolas y por otras empresas que participan en la cadena productiva. El objetivo del presente trabajo es justamente mostrar un caso de éxito de vinculación academia-sector productivo en un esquema de organización llamado “Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola” (AERI).

Estrategia

El modelo conceptual sobre el que se diseñó la estrategia de vinculación entre el sector académico y el sector productivo se basa en un ciclo dinámico de interacción investigación-producción (Fig. 1). Este ciclo inicia con el diagnóstico de la problemática que el sector acuícola considera como más importante, tanto en el ámbito de las empresas acuícolas como de las autoridades gubernamentales que interactúan con el sector.

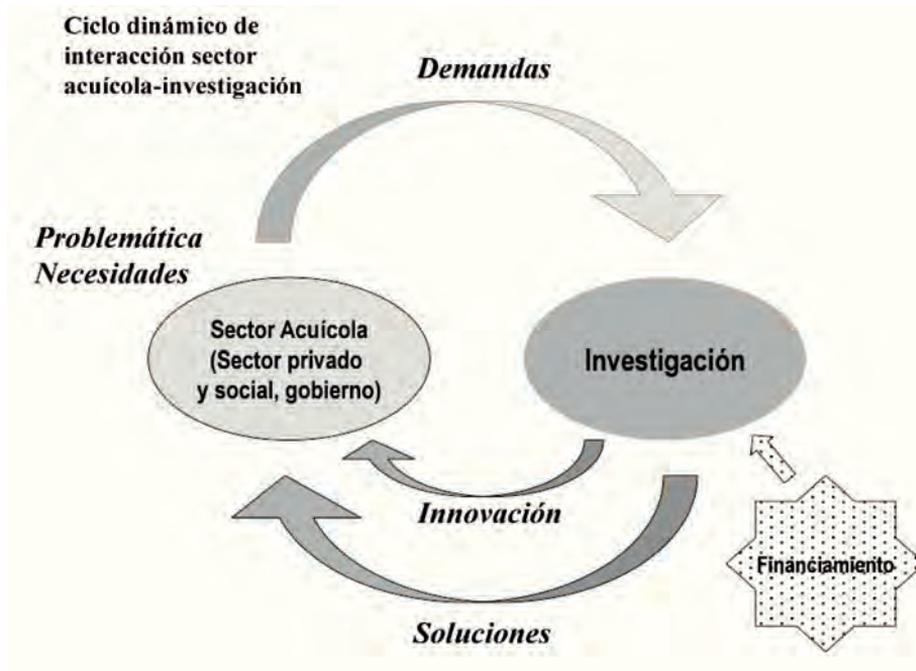


Figura 1. Ciclo dinámico de interacción sector acuícola-investigación.

El listado de problemas y necesidades es depurado y “traducido” a demandas que puedan ser resueltas a través de proyectos específicos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, los cuales deben de contar con objetivos claros y precisos. En este esquema, los mecanismos de financiamiento actúan como catalizadores del ciclo. El ciclo se vuelve a

repetir en función de la retroalimentación del sector usuario de los resultados y productos de la investigación.

En el ámbito del financiamiento enfocado hacia la vinculación academia-productores, el gobierno mexicano a través de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) creó el programa de Alianzas Estratégicas y Redes de Innovación (AERIs), que consiste en la asociación entre dos o más instituciones académicas con dos o más empresas de algún sector productivo con el fin de resolver la problemática de tipo común a las diversas empresas.

El modelo de vinculación academia-empresas del programa de las AERIs se trasladó hacia la camaricultura mexicana, teniendo como punto de partida la problemática de la mortalidad por el VSMB bajo la consideración de que no es un problema exclusivo de una empresa en particular sino de todo el sector acuícola.

En este trabajo se presenta una descripción del proceso de conformación y planeación de la AERI, los tópicos de investigación principales con un resumen de los resultados y el impacto del modelo de vinculación tanto desde el punto de vista productivo como conceptual.

Resultados

La Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola se conformó en el 2007 con la participación del sector académico mexicano representado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR, institución coordinadora), el Centro Interdisciplinario de Investigación y Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-IPN), el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) y el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). Por la parte del sector productivo, la AERI se constituyó por los Comités de Sanidad Acuícola (CSA) de los estados de Baja California Sur (CSABCS), Sonora (COSAES), Sinaloa (CESASIN) y Nayarit (CESANAY), quienes representan a más de 600 empresas acuícolas del noroeste de México (Fig. 2).

La formalización de la Alianza se llevó a cabo mediante la firma de un convenio específico multilateral, en el que todas las partes ponen a su disposición sus especialidades y capacidades. Otras instituciones como la Universidad de Sonora, la UNAM y el INAPESCA, así como organizaciones de productores como la Asociación Nacional de Productores de Larvas de Camarón, A.C. (ANPLAC), se han sumado a esta colaboración.

Un elemento adicional de participación en los trabajos de la AERI es el sector gubernamental a través de dependencias federales involucradas en el fomento de la sanidad acuícola a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA)

y de la acuicultura por medio de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca (CONAPESCA). (Fig. 2)



Figura 2.- Concepto organizativo de la Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI).

Plan de Desarrollo

Dentro de los lineamientos del CONACYT, el programa AERIs requiere que la estrategia de investigación orientada se lleve a cabo en el marco de un Plan de Desarrollo de mediano plazo que esté basado en un ejercicio de Planeación Estratégica, dentro cual las acciones se definen a partir de un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA). Asimismo, requiere que el financiamiento tenga una estructura de aportaciones del sector productivo en una proporción 1:1, es decir que por cada peso aportado por el CONACYT, las empresas, instituciones y/ autoridades involucradas en la AERI pongan un peso.

Para la definición del Plan de Desarrollo de mediano plazo de la AERI (2008-2012), la planeación estratégica se llevó a cabo en talleres de trabajo conjunto entre académicos, personal técnico de los CSA, productores y autoridades de salud animal. De estos talleres se detectó la problemática más importante del sector acuícola y se definieron las demandas de investigación (Tabla I); asimismo, se realizó un análisis FODA (Tabla II) y se determinó la

estructura de funcionamiento de mediano y largo plazo basada en la misión, visión, objetivos y las líneas temáticas de mediano plazo en el ámbito de la sanidad, la inocuidad, el mejoramiento productivo, la organización del sector y la formación de recursos humanos (Tabla III).

Tabla I.- Problemática detectada del sector acuícola durante la Planeación Estratégica.

Temática	Problemática
Factores que afectan la competitividad	<ul style="list-style-type: none"> ■ El bajo desarrollo genético en términos de crecimiento y eficiencia en el uso del alimento limita las mejoras en la productividad y la rentabilidad de las empresas. ■ Las débiles mejoras en la eficiencia en el uso del alimento y los incrementos de precios en insumos limitan la productividad y la rentabilidad de las empresas. ■ El manejo inadecuado de las granjas hace propensos los cultivos a problemas sanitarios y reduce la productividad. ■ Hay problemas de calidad del agua en los cultivos por la contaminación asociada a los cuerpos de agua donde se ubican las granjas, lo cual desequilibra el sistema. ■ La calidad deficiente de alimentos balanceados disponibles reduce la productividad de los cultivos. ■ La fluctuación de precios en el mercado externo, da incertidumbre a la producción.
Problemas sanitarios	<ul style="list-style-type: none"> ■ Los principales problemas de mortalidad en las empresas acuícolas del Noroeste de México son causados por el <i>Virus del Síndrome de la Mancha Blanca</i> (WSSV). ■ Los problemas sanitarios y de inocuidad afectan la productividad y la rentabilidad de las empresas acuícolas, así como la calidad y la reputación de los productos. ■ El débil desarrollo de herramientas y protocolos sanitarios no permite resolver de manera integral los problemas sanitarios de las empresas acuícolas. ■ Existe el riesgo del ingreso de virus provenientes de otros países, vía la importación de productos.
Organización y Regulación	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hay productores que hacen caso omiso de los acuerdos y disposiciones tomadas por los CSA. Asimismo, la falta de emisión de certificados sanitarios por parte de SENASICA disminuye la certidumbre a productores. ■ La falta de regulación en materia de importaciones y movilizaciones mantiene la incertidumbre sobre el riesgo de la introducción de patógenos exóticos. ■ La producción de camarón con WSSV, particularmente en áreas libres del virus.

Tabla II.- Resumen del análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la Alianza Estratégica y Red de Innovación de la Industria Acuícola (AERI).

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ■ Experiencia de colaboración entre el sector productivo, el académico y el gubernamental en el Programa Integral de Sanidad Acuícola ■ Integración vertical de empresas del sector acuícola (productores de postlarvas y engordadores) ■ Organización efectiva de los productores acuícolas en los Comités de Sanidad Acuícola (CSA) ■ Los CSA cuentan con personal capacitado y experiencia en los problemas sanitarios del sector ■ Disposición de productores en la adopción de medidas enfocadas a la solución de la problemática sanitaria ■ Los productores son conscientes de las ventajas del trabajo en Red para resolver problemas comunes. ■ Aportación de recursos (económicos, en especie, técnicos) por parte de los productores enfocados a la solución de la problemática sanitaria ■ Fluida comunicación entre Comités de Sanidad Acuícola de los estados del noroeste de México ■ Disposición del sector acuícola para invertir en investigación, desarrollo e innovación ■ Las instituciones académicas que conforman la AERI son de alto nivel y todas tienen como misión la vinculación con el sector productivo para resolver la problemática mediante investigación científica y desarrollo tecnológico ■ Los centros de investigación involucrados cuentan con el personal calificado y la infraestructura requerida para llevar a cabo los trabajos de investigación de la AERI ■ Capacidad de generar proyectos de impacto regional, nacional e internacional, así como de realizar su gestión 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La acuicultura es la actividad primaria productora de alimento de mayor crecimiento en el mundo con el mayor potencial de incremento del consumo per cápita de pescados y mariscos ■ En el noroeste de México la actividad acuícola se encuentra más desarrollada ■ La Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (LGPAS) reconoce a la acuicultura como un asunto de seguridad nacional y de atención prioritaria ■ Lineamientos de la Nueva Ley de Ciencia y Tecnología enfocados a la vinculación de la ciencia con el sector productivo ■ La Secretaría de Economía y la SAGARPA apoyan con recursos la integración de redes de valor, así como actividades de investigación y desarrollo acordes con las necesidades del sector agroalimentario ■ El CONACYT promueve el trabajo en Red para incrementar la competitividad de las empresas 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Insuficientes recursos financieros para proyectos relacionados con la AERI ■ Planeación y estructura del financiamiento de los proyectos no acorde a los tiempos en función de las necesidades de los proyectos ■ Falta de claridad de productores y entidades de gobierno sobre el horizonte de tiempo de aplicación de los resultados de la investigación ■ Administración compleja de las instituciones académicas no acorde con la dinámica del sector productivo ■ Interés limitado de los productores para la aplicación de las buenas prácticas de manejo como instrumentos de bioseguridad ■ Participación limitada de otros actores de la cadena productiva en la AERI ■ Administración compleja de las instituciones académicas no acorde con la dinámica del sector productivo ■ Interés limitado de los productores para la aplicación de las buenas prácticas de manejo como instrumentos de bioseguridad ■ Participación limitada de otros actores de la cadena productiva en la AERI 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Facultades legales limitadas de los CSA para el manejo de los problemas sanitarios y la aplicación de soluciones ■ Baja prioridad de la acuicultura en las políticas estatales relativa a otros sectores primarios ■ Cambios en políticas institucionales y gubernamentales que generan la suspensión de recursos ■ Problemas de inocuidad y sustentabilidad por otras actividades (agricultura, urbana, industria) ■ La elevación de costos de los energéticos puede bloquear el desarrollo de la actividad

Tabla III. Misión, Visión, Objetivo y Líneas temáticas de mediano plazo (2008-2012) de la AERI.

DESCRIPCION DE LA AERI: La Alianza Estratégica y Red de Innovación (AERI) de la Industria Acuícola del noroeste de México es una organización integrada por instituciones académicas, productores acuícolas, organizaciones de productores y otras empresas de la cadena productiva.	
MISION: Realizar investigación, desarrollo e innovación de calidad para mejorar la competitividad y la sustentabilidad de las empresas acuícolas con honestidad y compromiso social.	
VISION: Ser una organización líder en el ámbito nacional e internacional que articule las iniciativas y esfuerzos de instituciones académicas y empresas acuícolas comprometidas con la alta competitividad, el trabajo en equipo, la ética y la mejora continua.	
OBJETIVO: Mejorar la competitividad del sector acuícola a través de la investigación y la innovación tecnológica.	
LÍNEAS TEMÁTICAS DE MEDIANO PLAZO	OBJETIVOS ESTRATÉGICOS
Sanidad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Desarrollo sistemas de diagnóstico , prevención y control de enfermedades
Inocuidad	<ul style="list-style-type: none"> ■ Detección, monitoreo y efectos de contaminantes y otros productos químicos en organismos y sus productos
Mejoramiento productivo (Nutrición, Recursos Genéticos y Manejo)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mejorar alimentos y dietas ■ Desarrollar biotecnologías genéticas ■ Innovar prácticas de manejo
Organización, Regulación y Mercado	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fortalecer los esquemas de organización ■ Mejorar la penetración en el mercado
Capacitación y Formación de Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fortalecer la capacidad técnica de las empresas y organizaciones acuícolas

Financiamiento

Los proyectos que se han realizado en el marco de la vinculación academia-sector productivo se han cobijado en el marco de programas específicos del CONACYT, los cuales contemplan una mezcla de recursos concurrentes. Los proyectos se ubican en tres etapas: la primera, bajo el programa de Consorcios de Innovación para la Competitividad con el proyecto denominado “Programa Integral de Sanidad Acuícola en Camarón” que inició a principios del 2007 y concluyó a mediados del 2008; la segunda, bajo el programa de “Alianzas Estratégicas y Redes de Innovación para la Competitividad” con el proyecto “Programa Integral de Sanidad Acuícola en Camarón: Fase II” desarrollado de 2008 a 2010; y la tercera en el

marco del programa “Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación” (FORDECYT), con el proyecto “Bioseguridad y ecoeficiencia en el cultivo de camarón” que inició en el 2010 y concluirá a fines del 2012.

El monto acumulado de financiamiento para los proyectos realizados y en proceso por parte de las instituciones que participan en la AERI durante el período 2007-2012 asciende a aproximadamente \$2,8 millones de dólares (Tabla IV), lo cual representa apenas un 1% de las pérdidas acumuladas de tres años causadas por el VSMB. Es relevante señalar que las aportaciones de los productores acuícolas a través de los CSA y ANPLAC, representa más del 40% de costo total de la investigación.

Tabla IV. Aportaciones (en miles de dólares americanos) de productores y dependencias gubernamentales en los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico realizados en el marco de la AERI en cada una de sus etapas (ver título de las etapas en el texto).

ETAPA	Productores acuícolas*	CONACYT	CONAPESCA	Total
1ª	\$ 295,4	\$ 359,8	\$320,0	\$ 975,2
2ª	\$ 752,5	\$ 536,0	-	\$ 1.288,5
3ª	\$ 105,2	\$ 420,5	-	\$ 525,6
Total	\$ 1.153,1	\$ 1.316,3	\$ 320,0	\$ 2.789,3
Porcentaje	41,3%	47,2%	11,5%	100%

*Las aportaciones de productores son canalizadas a los proyectos a través de los Comités de Sanidad Acuícola y representan diversas cuotas de productores y aportaciones de SENASICA y/o gobiernos de los estados para el seguimiento epidemiológico.

Proyectos de investigación

Los temas de investigación que se han llevado a cabo en el marco de la AERI entre el 2007 y el 2010 se consensaron entre los investigadores de las instituciones participantes y los consejos técnicos de los CSA de Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit, así como por la ANPLAC. A continuación se describen las temáticas generales sobre las cuales versan los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, haciéndose referencia sobre algunos de los resultados obtenidos.

- Epidemiología del VSMB: El seguimiento epidemiológico de la enfermedad del síndrome de las manchas blancas en la región noroeste de México entre 2004 y 2010 ha mostrado, entre otros resultados, que los brotes y focos del VSMB se presentan de manera recurrente con una secuencia latitudinal que inicia en la región más sureña del cultivo en el noroeste de México (Nayarit) en los meses de febrero-marzo, presentándose de manera consecutiva en los períodos marzo-abril y abril-mayo en

Sinaloa y Sonora, respectivamente (Fig. 3), observándose que ocurre con mayor intensidad en los meses de primavera y otoño (datos no publicados) y que puede permanecer en camarones y otros invertebrados silvestres (Vázquez-Boucard *et al.*, 2010), así como dispersarse a través del agua de descarga de granjas infectadas asociado a partículas del plancton (Esparza-Leal *et al.*, 2009; 2010). Otros estudios se han enfocado a determinar dónde queda residente el WSSV entre ciclos de cultivo (datos no publicados), así como la posible relación del VSMB con otros componentes del ecosistema (Hakpsiel-Segura, 2009; Esparza-Leal, 2010; Mañon-Ríos, 2011).

Región	JLSA	Marzo					Abril				Mayo					Junio			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
I	Aquiropo-El Riito*															x	x	x	
	Agiabampo Sonora																	1	
	Agiabampo Sinaloa																		
	Ahome											1	1	3	10				1
	Guasave Norte													2	4		2		2
	Guasave Sur								1						2			1	
	Angostura																		1
II	Navolato Norte										1		1						1
	Navolato Sur										4				1				
	Eldorado oceanica										1	1	1	5			1		
	Eldorado estero										4	1	2	3					
	Elota																		
III	Mazatlán				1			1											
	Rosario						1												
	Escuinapa				2				2	1					1			1	1
	Nayarit Norte								2	1									
	Nayarit Centro						1	4	4	3	1	2	1		1				
	Nayarit Sur																		

*En 2007 no hubo casos de primavera en Aquiropo-El Riito. Se indica con x fechas de brotes entre 2004-2006.

Figura 3.- Número de brotes de VSMB en el noroeste de México por regiones para la primavera de 2007. JLSA: Juntas Locales de Sanidad Acuícola; Región I: Sur de Sonora y Norte de Sinaloa; Región II: Centro de Sinaloa; Región III: Sur de Sinaloa y Nayarit.

- Efecto de variables biológico-ambientales: Se ha realizado el seguimiento de variables como temperatura, hipoxia intermitente, hiper-eutrofización, dirección e intensidad del viento, entre otras, que permitan establecer su posible correlación con los regímenes de brotes y focos del VSMB, así como los niveles críticos de dichos factores que contribuyen a que la enfermedad detone. Se ha observado que la temperatura es uno de los elementos más importantes en el inicio de los brotes y que el régimen latitudinal de los focos virales podría relacionarse con un intervalo de temperatura específico que ocurre en cada región (Fig. 3). También se ha observado que la hiper-eutrofización de los estanques de cultivo y la hipoxia intermitente son elementos que contribuyen a la vulnerabilidad de los camarones en cultivo (Escobedo-Urías, 2010; Ruiz-Velasco *et al.*, 2010; Parrilla-Taylor, 2011;

Esparza-Leal *et al.*, en evaluación). Por otra parte, los análisis de metales pesados y pesticidas en el ambiente no indicaron una correlación con los brotes de VSMB (Vázquez-Boucard, datos no publicados).

Al momento no hay una explicación validada de los regímenes de infección VSMB y de su desfaseamiento, ni de la variabilidad de la frontera norte de la región endémica, pero se plantea la siguiente hipótesis: Durante los meses de invierno, que es el período en el que la mayor parte de las granjas del noroeste de México concluye sus ciclos de cultivo, el VSMB se mantiene en reservorios biológicos en aquellos ecosistemas (o granjas) de la zona costera tropical o subtropical del Golfo de California en donde las temperaturas no son lo suficientemente bajas para evitar que el VSMB mantenga una replicación activa (Du *et al.* 2008), particularmente durante años afectados por “El Niño”; con el incremento gradual de la temperatura en la primavera, y posiblemente aparejado con otros factores ambientales, biológicos o de manejo, se dan los primeros brotes en las granjas de cultivo los cuales se tornan en focos en función de la capacidad de que el VSMB sea dispersado hacia otras regiones por otros vectores o por corrientes cuya tendencia en la primavera, de acuerdo a Marinone (2003), es principalmente en dirección noroeste. Durante el verano se alcanzan temperaturas que retrasan o inhiben la replicación del virus (Vidal *et al.*, 2001; Rahman *et al.*, 2006; Granja *et al.* 2006), observándose una disminución de los brotes (Comités de Sanidad Acuícola, datos no publicados). Con el descenso de la temperatura en el otoño y el incremento de las biomásas de cultivo se generan las condiciones de vulnerabilidad para nuevos brotes de VSMB. Sin embargo, con las temperaturas de invierno existe la posibilidad de la reducción de la carga viral (Du *et al.*, 2008; Gao *et al.*, 2011).

- **Análisis de Riesgo:** Ante la posibilidad de que la importación de camarón fresco y congelado proveniente de países en donde existen enfermedades virales adicionales a la mancha blanca (p.ej. cabeza amarilla, mionecrosis, entre otras) pueda ser un factor de dispersión e introducción a México de enfermedades exóticas, se cuenta con un análisis de riesgo preliminar basado en la metodología aceptada por OIE (Chávez-Sánchez y Montoya-Rodríguez, 2010).
- **Diversidad genética:** Considerando la posibilidad de que el WSSV que habita en México cuente con más de una variedad y que estas cuenten con infectividad diferencial, se han obtenido algunos avances en la caracterización genotípica de WSSV diagnosticados en México (Vibanco N., datos no publicados) y están analizando aislados virales para su diferenciación en función de su capacidad infectiva. Por otra parte, un análisis de diversidad genética de lotes de reproductores de camarón de México, indicó que existe suficiente variabilidad genética para mantener niveles adecuados de endogamia (Pérez-Enriquez *et al.*, 2009).
- **Prevención.** Ante la falta de tratamientos terapéuticos en contra del VSMB, el elemento más importante para evitar los brotes virales en las granjas de cultivo es la prevención. Como producto de los trabajos de investigación y de la interacción

con los productores, se han generado documentos tales como un plan de manejo sanitario denominado “*Plan de Manejo de los Factores de Riesgo Sanitario de la Enfermedad de la Mancha Blanca*” (AERI, 2009) el cual está enfocado a reducir los niveles de riesgo asociados con la enfermedad (ver magallón *et al.* en este libro). Este documento que está siendo utilizado por las autoridades mexicanas de salud animal para reglamentar y ordenar sanitariamente el cultivo de camarón.

Asimismo, en conjunto con los CSA se mantiene un estricto programa de vigilancia del estatus sanitario de los laboratorios de producción de postlarvas como “libres de virus” tanto para VSMB como para otras enfermedades virales que afectan al cultivo [COAES (www.cosaes.com), CESASIN (www.cesasin.com.mx), CESANAY (www.cesanay.com), CSABCS (www.cesabcs.org)] y se diseñó un sistema biológico de centinelas que tiene la capacidad de funcionar como alerta temprana de la presencia viral en el ecosistema costero (Vázquez-Boucard, 2010).

Particularmente el COAES cuenta con una estrategia, respaldada por la Ley Estatal de Pesca y Acuicultura de Sonora, que ha logrado disminuir la transmisibilidad del virus entre estanques y/o granjas cercanos a un brote. La metodología se basa en detectar la infectividad de los elementos del agua a través de jaulas introducidas en los estanques afectados con el virus (Esparza *et al.*, 2009). Estas jaulas contienen camarones sanos a los que se les analiza cada tercer día para buscar WSSV. La presencia del virus en los organismos dentro de las jaulas indica el riesgo potencial de transmisión del virus y los estanques son clausurados para evitar la salida de agua y se mantienen así hasta que desaparezca el riesgo de transmisión o la producción del estanque sea eliminada.

Adicionalmente, se está investigando sobre la instrumentación de tratamientos biotecnológicos que eviten la infección de reproductores de camarón en presencia del VSMB, mediante la aplicación experimental de un sistema de inhibición viral basado en el ARN de interferencia (Alvarado-Arellano, 2010; Mejia-Ruiz *et al.*, 2011; Alvarez-Ruiz, en proceso).

Transferencia de Resultados e Impactos

Si bien la publicación de los trabajos de investigación de los proyectos de la AERI en revistas internacionales, así como la formación de recursos humanos de posgrado han sido muy importantes, el elemento fundamental para una vinculación efectiva entre la investigación y la producción es la transferencia del conocimiento y de los resultados de los proyectos directamente a los productores y autoridades del gobierno federal y gobiernos estatales. Para ello se han realizado más de 40 reuniones de trabajo a nivel de Juntas Locales de Sanidad Acuícola, Comités de Sanidad Acuícola y SENASICA. En estas reuniones los investigadores reciben una importante retroalimentación por parte de los diversos actores, principalmente los productores, quienes cuentan con un nutrido conocimiento empírico y observaciones

prácticas de los problemas sanitarios, ayudando a una mejor comprensión de los fenómenos que se observan.

Por otra parte, el grupo de trabajo de la AERI ha realizado una intensa labor de difusión de los resultados de las investigaciones y las acciones derivadas del mismo a través de programas de T.V. (local y regional), radio, notas periodísticas y conferencias en congresos nacionales e internacionales.

En el ámbito económico, se considera que las mejores prácticas sanitarias en el noroeste de México, derivadas en parte por los resultados de la investigación, han contribuido al importante incremento de la producción de México, que pasó de 80.000 toneladas en el 2005 a más de 125.000 en el 2009. Si bien el 2010 fue un año complicado para la camaricultura por la elevada mortalidad por mancha blanca (principalmente en el estado de Sonora), es notorio que en los años previos se observó una disminución en el número de Juntas Locales de Sanidad Acuícola que registraron brotes del VSMB en la primavera. Por otra parte, el sector acuícola ha tomado conciencia de la importancia del ordenamiento sanitario como única alternativa para reducir la vulnerabilidad de sus cultivos. En este sentido, es muy relevante el acuerdo voluntario tomado por cerca del 100% de los productores acuícolas consistente en la aplicación de un vacío sanitario de al menos 90 días durante el invierno 2010-2011.

Conclusiones

Gracias a la colaboración de Comités de Sanidad Acuícola e investigadores de las diversas instituciones participantes en la AERI, los proyectos han cubierto los objetivos programados. Se tiene un mejor conocimiento sobre la dinámica de la dispersión del virus VSMB y de su interacción con el ambiente. Asimismo, se han diseñado y puesto en práctica estrategias de manejo específicas para promover su prevención. Por ello se considera que los años venideros el sector dedicado al cultivo de camarón realizará mejores prácticas de manejo dando como resultado un ambiente más sano de lo que actualmente se tiene, que repercutirán en mejorar la competitividad de las empresas.

Más allá de los logros científicos y tecnológicos obtenidos por los proyectos de la AERI, el mayor avance lo constituye la exitosa vinculación entre la academia y el sector productivo, la cual ha sido producto de la mutua confianza y comunicación. En la AERI, el compromiso principal ha sido transferir esos conocimientos de manera directa a los productores para que éstos puedan tomar mejores decisiones, particularmente mediante la participación de los Comités de Sanidad Acuícola. Cabe señalar que los productores no son los únicos que han aprendido; los investigadores al estar inmersos en el sector también han conocido y tenido acceso a mucha información basada en la experiencia de los propios granjeros, lo cual ha contribuido en retroalimentar el círculo virtuoso de transferencia de información (Fig. 1).

En un contexto generalizado, la AERI como una alianza entre el sector productivo y la academia es un elemento indispensable para que el sector acuícola sobreviva al entorno de la globalización internacional. Las estrategias de innovación para la aplicación exitosa de procesos, productos y tecnología de punta permitirán a las empresas generar mayor valor agregado, acceder a nuevos mercados e incluso ejercer poder de negociación en los mercados ya existentes, entre otros elementos.

Las perspectivas de trabajo de la AERI son sumamente optimistas, ya que se tienen proyectos en marcha a través del fondo denominado FORDECYT (Tabla 4) en los que no sólo se tratan aspectos relacionados con la sanidad acuícola, sino también de otros temas como el de la ecoeficiencia, que orientarán a la industria hacia un futuro más competitivo y ambientalmente sustentable.

Agradecimientos

El grupo de trabajo reconoce las aportaciones del CONACYT para el financiamiento del proyecto en sus distintas etapas (proyectos 60030, 87684 y 117143). Se reconoce la aportación de CONAPESCA a través del Gobierno de Sonora, así como de los apoyos por parte de SENASICA. Se agradecen los apoyos económicos y técnicos de los productores acuícolas del noroeste de México. Con respecto a éstos últimos, se agradece la activa participación los presidentes (actuales y previos), gerentes y coordinadores técnicos de los Comités de Sanidad Acuícola quienes han sido la piezas claves en el proceso de vinculación; por Baja California Sur, Philippe Danigo, Gustavo Pineda, Bernabé Camacho, Anelena Gómez Tagle y Nelson Quintero; por Sonora, Miguel Olea, Eugenio Molina, Jorge Benítez, Marco Porchas, Guillermo Portillo); por Sinaloa, Carlos Urias, Alberto Soto, Luis Aguiar y Julio Cabanillas; por Nayarit, Maximiliano López, Roberto Elías, Rafael Yáñez Santiago Rocha y Jorge Martínez. Por parte de los apoyos de la ANPLAC se agradece a Carlos Pineda, Gustavo Pineda y Gerardo Alvarado. Asimismo, es importante reconocer el trabajo que desempeñaron los investigadores de las diversas instituciones que participan en el Consorcio-AERI: Por CI-BNOR: Alfredo Hernández-Llamas, Humberto Mejía-Ruiz, Celia Vázquez-Boucard, Tania Zenteno-Savin; por CIIDIR-IPN: Píndaro Álvarez, Héctor Esparza-Leal, César Escobedo-Bonilla, Diana Escobedo-Urias, Jesús Méndez-López, Juan Carlos Sainz; por CIAD: Omar Calvario-Martínez, Cristina Chávez Sánchez, Leobardo Montoya-Rodríguez; por UAN: Ma. Jesús Durán-Avelar, Norberto Vibanco-Pérez; por ITSON: Ramón Casillas-Hernández, Cuauhtémoc Ibarra; por UNAM: Raúl Vargas García; por CICIMAR: Dra. Aída Martínez, Bárbara Acosta; por INAPESCA: Marco Linné Unzueta.

Referencias

- AERI 2009. Vacío sanitario 2009-2010 y Estrategias de Plan de Manejo sanitario. *Boletín Informativo del Comité Estatal de Sanidad Acuícola de Sinaloa, A.C.* Diciembre 2009, no. 1: 3-14.
- Alvarado-Arellano A.Q. 2010. Estudio histopatológico y molecular en camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*), infectado con el virus de la mancha blanca y sometido a bioensayos de silenciamiento génico con dsRNA. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Alvarez-Ruiz P. (en proceso). Inducción de actividad antiviral por silenciamiento de genes endógenos en *L. vannamei* mediante RNA de interferencia. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México.
- Chávez-Sánchez M.C., Montoya-Rodríguez L. 2010. *Peligros de introducción de patógenos de camarón importado. Evaluación preliminar para Sinaloa.* Fundación Produce Sinaloa, A.C. México. 41 pp.
- CONAPESCA, 2008. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2008. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. México.
- D.O.F. 2007. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Diario Oficial de la Federación. 24 de julio de 2007. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México.
- Escobedo-Urías D.C. 2010. Diagnóstico y descripción del proceso de eutrofización en lagunas costeras del norte de Sinaloa. Tesis de Doctorado en Ciencias. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México.
- Esparza-Leal H.M. 2010. Región epidémica, régimen de infección y evaluación de la vía acuática como mecanismo de dispersión del virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en granjas camaronícolas del Noroeste de México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Instituto Tecnológico de Sonora. México.
- Esparza-Leal H.M., Escobedo-Bonilla C.M., Casillas-Hernández R., Álvarez-Ruiz P., Portillo-Clark G., Valerio-García R.C., Hernández-López J., Méndez-Lozano J., Vibanco-Pérez N., Magallón-Barajas F.J. 2009. Detection of white spot syndrome virus in filtered shrimp-farm water fractions and experimental evaluation of its infectivity in *Penaeus (Litopenaeus) vannamei*. *Aquaculture* 292: 16-22.
- Esparza-Leal H.M., Magallón-Barajas F., Álvarez-Ruiz P., Escobedo-Bonilla C.M., Portillo-Clark G., Valerio-García R.C., Pérez-Enriquez R., Hernández-López J., Méndez-Lozano J., Vibanco-Pérez N., Mañón-Ríos N., Casillas-Hernández R. 2010. Infection of WSSV-negative shrimp *Litopenaeus vannamei* cultivated during the transition from summer to autumn season. *Journal World Aquaculture Society* 41: 912-922.
- Esparza-Leal H.M., Cabanillas-Ramos J.A., Casillas-Hernández R., Valenzuela-Quiñónez

- W., Rodríguez-Quiroz G., Portillo-Clark G., Pérez-Enriquez R., Hernández-López J., Magallón-Barajas F. Región endémica y regímenes de infección con el virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV) en las granjas camaronícolas del Noroeste de México. En evaluación.
- FAO 2006. State of world aquaculture 2006. FAO Fisheries Technical Paper. No. 500. FAO Fisheries Department. Rome, FAO. 2006. 134p.
- Gao H., Kong J., Li Z., Xiao G., Meng X. 2011. Quantitative analysis of temperature, salinity and pH on WSSV proliferation in Chinese shrimp *Penaeus chinensis* by real-time PCR. *Aquaculture* 312: 26-31.
- Granja C.B., Vidal O.M., Parra G., Salazar M. 2006. Hyperthermia reduces viral load of white spot syndrome virus in *Penaeus vannamei*. *Diseases in Aquatic Organisms* 68: 175–180.
- Hakpsiel-Segura C. 2009. Variación estacional de la trama trófica microbiana en la laguna de Macapule, Sinaloa. Tesis de Maestría en Recursos Marinos. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México.
- Mañón-Ríos N. 2011. Identificación de organismos silvestres que actúen como reservorio natural y su asociación en la dispersión de los virus WSSV e IHNV en granjas camaronícolas del noroeste del Pacífico Mexicano. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional. México.
- Marinone S.G. 2003. A three-dimensional model of the mean and seasonal circulation of the Gulf of California. *Journal of Geophysical Research* 108 (C10): 3325.
- Mejía-Ruiz C.H., Vega-Peña, S., Alvarez-Ruiz, P., Escobedo-Bonilla, C.M. 2011. Double-stranded RNA against white spot syndrome virus (WSSV) vp28 or vp26 reduced susceptibility of *Litopenaeus vannamei* to WSSV, and survivors exhibited decreased susceptibility in subsequent re-infections. *Journal of Invertebrate Pathology*. En prensa.
- Parrilla-Taylor P. 2011. Estrés oxidativo y actividad enzimática antioxidante en *Litopenaeus vannamei* infectado con virus del síndrome de la mancha blanca (VSMB)". Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México.
- Perez-Enriquez R., Hernández-Martínez F., Cruz P. 2009. Genetic diversity status of White shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* broodstock in Mexico. *Aquaculture* 297, 44-50.
- SAGARPA 2007. Plan Sectorial de Desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F.
- Rahman M.M., Escobedo-Bonilla C.M., Dantas-Lima J.J., Whille M., Alday-Sanz V., Pensaer M.B., Sorgeloos P., Nauwynck H.J. 2006. Effect of high water temperature (33 °C)

on the clinical and virological outcome of experimental infections with white spot syndrome virus (WSSV) in specific pathogen free (SPF) *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture* 261: 842–849.

- Ruiz-Velazco J.M.J., Hernández-Llamas A., Gomez-Muñoz V.M., Magallon F.J. 2010. Dynamics of intensive production of shrimp *Litopenaeus vannamei* affected by white spot disease. *Aquaculture* 300, 113-119.
- Vazquez-Boucard C. 2010. Manual de procedimientos técnicos para posicionamiento y análisis de ostiones centinelas en la detección del virus de la mancha blanca (WSSV) en canales de alimentación de agua de granjas camaroneras. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. México. 17 pp.
- Vazquez-Boucard C., Alvarez-Ruiz P., Escobedo-Fregoso C., Anguiano-Veja G., Duran-Avelar M.J., Serrano-Pinto V., Escobedo-Bonilla C.M. 2010. Detection of white spot syndrome virus (WSSV) in the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. *Journal of Invertebrate Pathology* 104: 245–247.
- Vidal O.M., Granja C.B., Aranguren F., Brock J.A., Salazar M., 2001. A profound effect of hyperthermia on survival of *Litopenaeus vannamei* juveniles infected with White spot syndrome virus. *Journal of the World Aquaculture Society* 32: 364–372.

Perspectivas de la aplicación del ARN de interferencia en la industria camaronícola contra infecciones por WSSV

Mejía Ruiz¹ C.H., Marcial Escobedo-Bonilla² C.

¹ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo 195, Col. Playa Palo de Santa Rita, La Paz, B.C.S. México. e-mail: hmejia04@cibnor.mx.

² Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa.

Resumen

Las enfermedades de origen viral que impactan al cultivo del camarón han afectado la industria desde hace más de dos décadas, actualmente la principal enfermedad que puede disminuir las ganancias de los acuicultores y que puede llevarlos incluso a la quiebra es la ocasionada por el virus de la mancha blanca, mejor conocida como Enfermedad de la Mancha Blanca (EMB) del camarón. El virus afecta a un amplio rango de hospederos, donde los crustáceos decápodos son los más perjudicados. Las alternativas para su prevención, control y erradicación aún están lejos de ser 100% efectivas. No obstante, se están evaluando y desarrollando métodos biotecnológicos de control, con altas promesas de efectividad, como por ejemplo las vacunas basadas en proteínas recombinantes, viriones atenuados y aquellas basadas en la tecnología de los ácidos nucleicos como las vacunas de ADN y de RNA de interferencia. Esta última tecnología ha despertado mayores esperanzas debido a que incluso en humanos ya se encuentra siendo aplicada para enfermedades tanto genéticas como de origen viral. Una vacuna de RNAi contra el virus de la mancha blanca del camarón deberá inducir la actividad antiviral natural del camarón mediante la introducción de doble RNA de doble cadena específico, e irá dirigida al bloqueo o silenciamiento de genes virales o endógenos involucrados en el proceso de infección. La dosificación y la vía de aplicación de estas vacunas deberán ser cuidadosamente seleccionadas y evaluadas para lograr el mayor efecto. La talla y edad del camarón son importantes en el contexto de la estrategia. Asimismo, se estudia la necesidad del reforzamiento y del monitoreo debidamente controlados para evitar que el animal pueda mantenerse libre de estrés sobre todo en camarón confinado a reproducción. Una vez

desarrollada la vacuna y determinada la mejor vía de aplicación, deberán establecerse programas de protección tanto a unidades productoras de larvas, como a las granjas camarónicas. Finalmente, en este escrito se reportan también algunos avances que en nuestros laboratorios hemos obtenido para el desarrollo de vacunas de RNAi.

Palabras clave

Enfermedades virales, vacunas, mecanismo de RNA de interferencia, *Litopenaeus vannamei*.

Introducción

Las enfermedades virales son el mayor riesgo que los productores de la industria del camarón enfrentan año con año. A 11 años del primer brote de la enfermedad de la mancha blanca (EMB) en México, aun no ha sido posible controlarlos. No obstante, el apoyo actual de la investigación científica, está aportando datos que le permitirán a la industria caminar por senderos cada vez más seguros. Una de las investigaciones más prometedoras y necesarias es la generación de vacunas, las cuales actualmente se evalúan y se espera que en un futuro cercano puedan ser aplicadas en masa mediante diversos y adecuados métodos. Una de las investigaciones con mayor expectación por la industria es el desarrollo de vacunas basadas en la tecnología del RNA de interferencia (RNAi). Su funcionamiento ha sido descrito extensamente por Fire (*et al.*, 1998) y se ha observado que está presente todos los sistemas eucariontes, por lo que este mecanismo nativo citoplásmico también está presente en el camarón y otros invertebrados (Robalino *et al.*, 2004, Westenberg *et al.*, 2005). Aquí se describe además una clasificación de vacunas y algunos ejemplos de la aplicación de ellas en diferentes especies de camarón cultivado y se dan ejemplos de los avances que en materia de RNAi se han reportado en la actualidad, algunas de las investigaciones más sobresalientes que en términos de vacunas se han estado desarrollando mundialmente.

Concepto de vacunas

Se espera que en pocos años el camarón de cultivo disponga de vacunas biotecnológicas desarrolladas de forma específica contra cada agente patógeno o infeccioso. Por lo tanto, es importante revisar el concepto de vacuna, para esto debemos aclarar que no es objeto de este escrito el definir el término vacuna, el cual tiene su origen en las preparaciones que se hacían de partículas virales de la viruela cuyas características asemejaban a esta enfermedad con la que se presentaba en la viruela de vacas (cowpox) y que como se desarrolló para humanos y otros vertebrados superiores es usada para provocar una respuesta antigénica e

inducir una memoria inmunológica en los individuos. Actualmente, el término “vacuna” se usa en sentido amplio, incluso en la jerga científica, ha pasado de la forma coloquial a los textos científicos, que si bien no es lo más adecuado, es ampliamente aceptado, por lo tanto, el término vacuna aquí se empleará de forma práctica. De esta manera, el término vacuna debe entenderse, cualquier preparación que suministrada por alguna vía a un camarón, tiene como fin el protegerlo contra un determinado agente infeccioso o patógeno, en especial los virus como el virus de la mancha blanca que afecta a los crustáceos peneidos.

Clasificación de vacunas

Vacunas genéticas, son aquellas cuyo principio de desarrollo o construcción dependen de la información genética, lo que implica que éstas sean específicas o dirigidas a una proteína o característica esencial para la subsistencia y proliferación del patógeno o agente infeccioso. Tal proteína puede ser del individuo hospedero o del mismo del propio agente infeccioso. De esta manera, encontramos diferentes tipos de vacunas genéticas.

Las vacunas tradicionales son aquellas que se derivan de virus atenuados o de una preparación de vibriones muertos o inocuos. Algunas granjas han practicado este método empírico de atenuación de vibriones y en ocasiones han ayudado a recuperar parte de las cosechas, evitando la pérdida del 100% de ellas (comunicación personal). No obstante, debido a su poca especificidad y escasa recuperación esta práctica está en desuso y es poco socorrida, la OIE no lo recomienda (Normativa de la OIE).

Las vacunas desarrolladas a partir de proteínas virales aisladas y purificadas de virus, requieren un proceso industrial más fino y por lo tanto permiten una aplicación sistemática en algún momento del cultivo o engorda. En este caso, las proteínas virales de la envoltura del virus o aquellas que presentan un epítipo (o epítipo) de reconocimiento importante son aisladas de preparaciones de laboratorios y después de ser purificadas son concentradas y dosificadas adecuadamente. De esta manera, en el caso del camarón las células utilizan el sistema de reconocimiento de patrones para unirse a péptidos virales reconocidos, los cuales posteriormente son etiquetados para su destrucción.

En el caso de las vacunas recombinantes o proteínas sintetizadas desde vectores plásmidos y transportadas en células hospederas, requieren de un diseño previo. Una vez que son seleccionados y aislados los genes del patógeno, éstos son clonados en vectores para producir por métodos biotecnológicos e incluso métodos de bioingeniería, la fabricación de esa proteína o de parte de ella. En *Procambarus clarkii* se evaluaron las proteínas recombinantes VP19 y VP28 administradas por diferentes vías individualmente y mezcladas y la preparación que mejor respondió fue la con VP28 inyectada que después de retar al langostino a los 3 días y a los 21 días, solo se produjo el 39.6 de mortalidad (Jha *et al.*, 2006). Asimismo, en *Penaeus*

japonicus, la proteína VP292 fue sintetizada por métodos recombinantes e inyectada para determinar la supervivencia del camarón después de un reto contra WSSV, los resultados indican que hubo protección con una supervivencia calculada del 52%, después de 30 días de administrada la vacuna (Vaseeharan *et al.*, 2006). Similarmente, en el camarón *Penaeus chinensis* se han evaluado prototipos de vacunas basadas en proteínas recombinantes, éstas se lograron aislando genes de WSSV de proteínas estructurales que puedan ser reconocidas por alguno de los sistemas de defensa del camarón (Ha *et al.*, 2008). Las proteínas VP19 y VP466, de WSSV fueron producidas a partir del sistema de baculovirus y posteriormente suministradas al camarón por inyección intramuscular y en el alimento (per os), y produjeron mortalidades de 50,2% y 51,8% cuando se inyectaron IM rVP19 y rVP466 en 5 dpi, respectivamente, y cuando se suministraron en el alimento (per os) rVP19 y rVP466, las mortalidades fueron no muy diferentes: 49,2% y 89,2%, respectivamente.

Las vacunas de ADN funcionan al introducir o transfectar la molécula desnuda a los sistemas vivientes. Son por lo tanto, construcciones moleculares de genes aislados y clonados que en lugar de que estos vectores sean introducidos en bacterias para producir la proteína de interés, ellos son directamente inyectados o introducidos a los tejidos del organismo que se quiere proteger y consecutivamente el factor antiviral o proteína antigénica es sintetizada in situ, por la misma célula hospedera. En *Penaeus monodon* se ha experimentado con la introducción de vacunas de ADN con los genes VP15, VP28, VP35 y VP281 usando el vector comercial pVAX1 y los resultados han sido bastante satisfactorios ya que hasta 7 semanas después de la inyección con el plásmido los camarones quedaron protegidos sobre todo con los genes vp281 y vp28, los cuales se compararon con las correspondientes proteínas inyectadas protegiendo al camarón tan solo por 3 semanas contra infecciones de WSSV (Rout *et al.*, 2007).

A partir del reciente descubrimiento del mecanismo de RNA de interferencia (RNAi) y del conocimiento de sus papel en el silenciamiento génico con su actividad antiviral natural en los organismos que lo poseen, se están diseñando y evaluando vacunas fundamentadas en algunas de sus variantes (short interference RNA=siRNA, doble stranded=dsRNA, heteronuclear RNA=hnRNA, y microRNA). Todos los estudios realizados en el camarón con la aplicación del RNAi iniciaron con el trabajo de Robalino *et al.* (2004). Demostraron que al igual que otros invertebrados los crustáceos como el camarón blanco *Litopenaeus vannamei* tienen la propiedad de defenderse contra virus si el sistema se induce tanto específicamente como inespecíficamente, o sea cuando es inyectado el RNA de doble cadena conforme a la secuencia de algún gen esencial para la proliferación del patógeno (Johnson *et al.*, 2008).

El mecanismo general del RNAi tiene lugar en las células de manera normal, la maquinaria de la célula lo utiliza para regular genes internos, para controlar la transposición de elementos móviles y como mecanismo de defensa o actividad antiviral. La importancia en este sentido aumenta ya que esta última función es inducible por métodos de laboratorio donde

el dsRNA puede ser preparado y dirigido contra un determinado gen buscando “silenciarlo”, esta función que es la base de las vacunas de última generación se describe en forma breve a continuación.

El RNA de doble cadena que se prepara *in vitro* es una copia en sentido y otra en contrasentido (*antisense*) de la secuencia del gen que se pretende bloquear, asimismo, una vez hibridado *in vitro* el dsRNA es inyectado en los tejidos musculares del organismo, lo cual hace que el mecanismo de RNAi inicie lo cual se puede apreciar con la enzima *Dicer* que corta el recién ingresado dsRNA y lo corta en segmentos de 21 a 25 pb este entonces llega a ser el sustrato del complejo RISC un conjunto de proteínas que toman al dsRNA el cual dependiente de ATP permite la separación de la complementación de las dos hebras (sentido y contrasentido), esto permite que la hebra contrasentido quede lista para hibridar específicamente al ARN mensajero correspondiente que justo al complementarse este último, es partido por la endonucleasa *Argonauta* en el centro de la región recién hibridada, lo cual hace que se deshibride las dos partes divididas y queden a merced de exonucleasas inespecíficas para que sean degradadas, de esta manera el ARN mensajero no completa su tarea y la correspondiente proteína no es sintetizada (Liu *et al.*, 2009).

RNAi en la acuicultura del camarón

Debido a que en la acuicultura del camarón persiste la problemática ocasionada por las enfermedades de origen viral, la tecnología que promete una rápida aplicación sanitaria es el mecanismo de RNAi, el cual en los últimos siete años ha sido intensamente evaluado. Por tal razón a continuación ejemplifico algunos de los trabajos que se han hecho con las especies de crustáceos que más se cultivan y en las que se ha visto la posibilidad de aplicación a corto plazo de vacunas de este tipo. La tabla I, resume la revisión que a continuación se presenta.

Indiscutiblemente el trabajo de Robalino *et al.* (2005), con RNA de interferencia en el camarón *L. vannamei*, marcó el inicio de una serie de reportes de este tipo. Robalino indujo actividad antiviral específica con los genes virales vp19, wsv186 (RR2=Subunidad pequeña de la enzima Ribonucleotido reductasa), wsv252 y wsv514 (DNA polimerasa) (del virus de la mancha blanca). El dsRNA con mayor efecto antiviral fue vp19 seguido de RR2, evaluaciones paralelas con siRNA no fueron mejores que con dsRNA específico. Su trabajo describe una inducción del sistema de RNAi y a su vez una inmunidad innata por efecto del dsRNA, dos fenómenos que pueden responder a los ensayos previos del mismo Robalino *et al.* (2004) con genes inespecíficos (de pato y puerco), sin embargo, este último presentó mortalidades poco consistentes. Un dato más de estos reportes dieron evidencia de que los genes endógenos también son inducibles de silenciamiento.

Tabla I.- Algunos de los trabajos que han utilizado la plataforma o tecnología del RNAi para evaluar la actividad antiviral, los genes que se han bloqueado y las especies de camarón en las que se ha hecho los bioensayos. Así mismo, algunos ejemplos del uso de esta tecnología dirigido al silenciamiento génico de genes endógenos (celdas sombreadas).

Especie	Gen	RNAi molecula	Fuente
<i>L. vannamei</i>	vp19, vp252, RR2, DnaPol	siRNA y dsRNA	Robalino <i>et al.</i> , 2005
<i>P. monodon</i>	vp28 y vp15	siRNA	Westenberg <i>et al.</i> , 2005
<i>P. japonicus</i>	vp28	siRNA	Xu <i>et al.</i> , 2006
<i>P. chinensis</i>	vp28 y vp281	dsRNA	Kim <i>et al.</i> , 2007
<i>L. vannamei</i>	RR2, DnaPol, vp24	siRNA	Wu <i>et al.</i> , 2007
<i>P. monodon</i>	vp28	dsRNA (bacterial)	Sarathi <i>et al.</i> , 2007
<i>L. vannamei</i>	Vp28, y vp26	dsRNA	Mejía-Ruiz <i>et al.</i> , 2011
<i>P. monodon</i>	YHV (pmYRP65)	dsRNA	Tirasophon <i>et al.</i> , 2005
<i>P. monodon</i>	PmRab7	dsRNA	Atassart <i>et al.</i> , 2009
<i>M. ensis</i>	MIH	dsRNA	Tiu y Chan. 2007
<i>M. japonicus</i>	Rab GTPase	siRNA	Zong <i>et al.</i> , 2008
<i>L. vannamei</i>	Caspase-3	dsRNA	Rijiravanich <i>et al.</i> , 2008

De esta manera, casi al mismo tiempo, en el camarón tigre *P. monodon* se reportó que con siRNA contra WSSV la mortalidad alcanzó el 50% y el 42% contra los genes estructurales vp28 y vp15 respectivamente (Westenberg *et al.*, 2005). Estos resultados indican que la protección con siRNA, es efectiva más no tanto como el dsRNA, otros experimentos con siRNA han arrojado datos similares, lo que puede hacernos concluir que la penetración de siRNA se dificulta en algunas células o tejidos si la función de la enzima Dicer no inicia el mecanismo en este tipo de invertebrados.

En la especie *P. japonicus* también se ha investigado el efecto del RNAi utilizando en mismo gen blanco vp28, con siRNA (Xu *et al.*, 2006), interesantemente aunque los rangos de mortalidad son parciales, se encontró que después de la tercera inyección con siRNA de vp28, el virus fue completamente erradicado. De la misma manera, no importa la concentración de siRNA ya que con 5µM (8µg) o más el efecto sigue siendo el mismo aun contra diferentes concentraciones del inoculo.

Otra especie de camarón *P. chinensis* en la que se han evaluado prototipos de vacunas

basadas en RNAi (Kim *et al.*, 2007). En este caso se utilizaron los genes vp28 y vp281 como secuencias blanco, el dsRNA específico permitió que los camarones retados con los inoculos de WSSV posterior al tratamiento, registraran una mortalidad de 0% y 50% respectivamente, con pocas diferencia cuando se evaluaron con dos diferentes concentraciones del inoculo: una sola dosis letal y con el doble de dosis letal (DL50).

La revisión arriba mencionada, es solo un breve estudio de todos los trabajos que se han presentado a la fecha sobre la tecnología del RNAi y su aplicación en beneficio de la acuicultura del camarón, sin embargo, más esfuerzos son necesarios para el desarrollo final de este tipo de vacunas.

Características particulares del virus de la mancha blanca

El virus de la mancha blanca presenta un genoma de ADN de doble cadena de 294 kpb a 305 kpb, y el número de genes potenciales o Marcos de Lectura Abiertos (ORFs) sobrepasa los 180, lo cual lo hace clasificarse en una nueva familia (Nimaviridae) (Vlack *et al.*, 2002). Se reconocen al menos cuatro variedades del virus cuya patogenicidad está inversamente proporcional al tamaño del genoma por razones desconocidas (Marks *et al.*, 2005), Se han identificado varios genes que codifican para proteínas estructurales y otros para proteínas funcionales, entre ellos algunos ya han sido utilizados para dirigir silenciamiento e inmunidad antiviral pero aun existen muchos con un potencial efecto antiviral, tanto por la tecnología del RNAi como por la producción de proteínas recombinantes (Sánchez-Martínez *et al.*, 2007).

Taxonomía:

- Familia: Nimaviridae
- Genero: Whispovirus
- Especie Tipo: WSSV
- Serotipos: al menos 4 diferentes cepas virulentas
- Replicación nuclear
- Morfología de la envoltura: elíptica oval con una cola apical prominente.
- Tamaño del virión: 80-120 x 250-380 nm.
- Genoma: ADN de doble cadena, circular, superenrollado, 294 a 305 kb.
- Marcos de lectura abierta (ORF) 181: genes que cifran proteínas estructurales o proteínas funcionales del virus.



Figura 1. En la actualidad los mejores resultados que se han tenido para proteger el camarón de una infección viral es aplicando el dsRNA por una inyección intramuscular por lo que el reto a corto plazo, es desarrollar un sistema que permita su aplicación en el alimento o por algún sistema novedoso (fotografía tomada en nuestros laboratorios. H. Mejía, 2007).

Avances en nuestro laboratorio (CIBNOR)

Los resultados que aquí se presentan (Fig.2), corresponden a bioensayos de reto con dosis altas del virus (> 2500 DI), utilizando dsRNA de los genes Lat89, wsv191, LvToll (endógeno) o *lacZ* en nuestro laboratorio mostraron mortalidades que variaron entre 5 y el 25%. Resultados similares con genes vp28 y vp26 estructurales dan la posibilidad de mayor protección incluso con re-infecciones similares (Escobedo-Bonilla *et al.*, 2006; Mejía-Ruiz *et al.*, 2011).

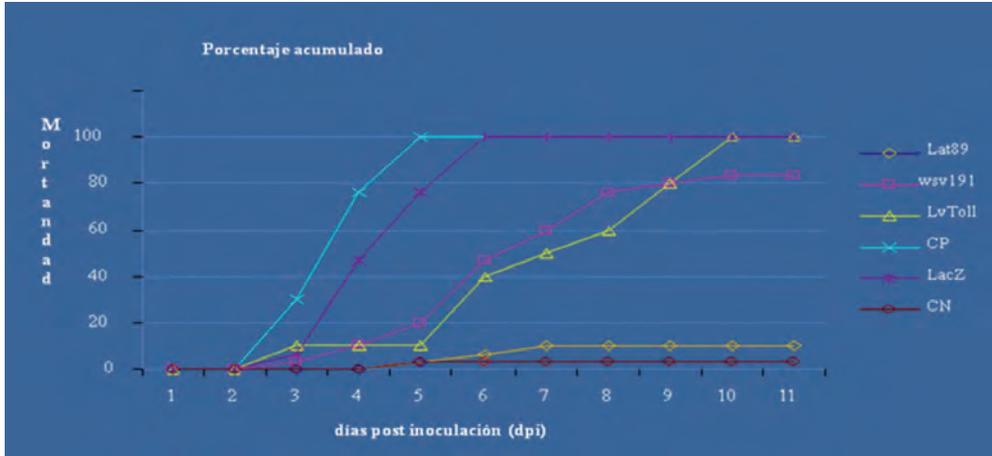


Figura 2.- Mortalidad acumulada de *L. vannamei* tratado con dsRNA de Lat89, wsv191, LvToll o lacZ, después de 11 días de reto con una alta dosis de WSSV. CN Control negativo sin WSSV, y CP; Control Positivo tratado son una inyección de PBS. (Mejía-Ruiz; datos presentados en el 5º Foro Internacional de Acuicultura, Hermosillo, Mex., 2010).

Conclusiones

A la fecha se ha evidenciado que una vacuna contra el virus de la mancha blanca basada en RNAi puede ser aplicada en camarones de prácticamente cualquier talla. Una vez aplicada el camarón se protege en un periodo de 15 a 30 días dependiendo de la talla la concentración del dsRNA, la vía de administración y del tipo de gen que se use (Viral o endógeno). En la gran mayoría de los casos es mejor los resultados con dsRNA que con siRNA. Aun no hay una vía definida de administración, pero se evalúan la oral (en alimento) para el camarón de granja y la inyectable para animales confinados a reproducción. Aunque algunos reportes mencionan que después de tres inyecciones con siRNA son suficientes para erradicar el virus. Datos personales no publicados indican, que un camarón “vacunado” no se contamina incluso cuando en el ambiente exista la presencia del virus activo a altas concentraciones. Finalmente, es muy probable que se puedan alternar al menos dos de estos tipos de vacunas, las generadas por proteínas recombinantes y las obtenidas por la tecnología del RNA de interferencia.

No obstante, algunas de las investigaciones que deberán realizarse con el fin de lograr la comercialización de las vacunas de RNAi, podrían enumerarse como las siguientes:

1. Aún se desconoce los alcances terapéuticos de la vacuna en camarón previamente infectado.
2. Se desconoce si la vacuna puede reforzar el sistema inmune contra diferentes cepas del vibrión.

3. Deberá investigarse más acerca de la posibilidad de prolongar el efecto protector de l dsRNA con una sola dosis, debido a que si no existe la presencia del virus esta tiende a disminuir y desaparecer.
4. Estados asintomáticos del virus pueden generar diferentes reacciones con las preparaciones de estas vacunas.

Agradecimientos

Se agradece a los Comités de Sanidad acuícola de la Región (COSAES, CESASIN, CESANAY y CSABCS) por las facilidades prestadas durante la realización de estos trabajos y por las gestiones y promoción realizadas para la difusión de nuestras investigaciones. Asimismo, se agradece al Dr. Jorge Hernández por las facilidades prestadas en las instalaciones del CIBNOR Unidad Hermosillo.

Referencias

- Attasart P., Kaewkhaw R, Chimwai C, Kongphom U, Namramoon O, and Panyim S. 2009. Inhibition of white spot syndrome virus replication in *Penaeus monodon* by combined silencing of viral rr2 and shrimp PmRab7. *Virus research* 145, no. 1: 127-33.
- Escobedo-Bonilla C.M., Wille M., Alday-Sanz V., Sorgeloos P., Pensaert M.B., Nauwynck H.J., 2006. Standardized white spot syndrome virus (WSSV) inoculation procedures for intramuscular or oral routes. *Diseases of Aquatic Organisms* 68, 181–188.
- Fire A, Xu S, Montgomery MK, Kostas SA, Driver SE, Mello CC. 1998. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. *Nature* 19; 391 (6669):806-11.
- Jha Rajeev Kumar, Zi Rong Xu, Jian Shen, Shi Juan Bai, Jian Yu Sun & Wei Fen Li. 2006. The efficacy of recombinant vaccines against white spot syndrome virus in *Procambarus clarkii*. *Immunology letters* 105, 1: 68-76.
- Johnson Karyn N, Marielle C W van Hulten & Andrew C Barnes. 2008. “Vaccination” of shrimp against viral pathogens: phenomenology and underlying mechanisms. *Vaccine* 26, no. 38: 4885-92.
- Kim Chun Soo, Zenke Kosuke, Yoon Kwon Nam, Sung Koo Kim & Ki Hong Kim. 2007. Protection of shrimp (*Penaeus chinensis*) against white spot syndrome virus (WSSV) challenge by double-stranded RNA. *Fish & shellfish immunology* 23, no. 1: 242-6.
- Liu Haipeng, Kenneth Söderhäll & Pikul Jiravanichpaisal. 2009. Antiviral immunity in crustaceans. *Fish & shellfish immunology* 27, no. 2: 79-88.
- Marks H., Josyanne J A Van Duijse, Douwe Z., C.W. Van Hulten & J. M Vlak. “Fitness and

- virulence of an ancestral White Spot Syndrome Virus isolate from shrimp.” *Virus Research* 110 (2005): 9-20.
- Mejía-Ruíz C.H., Vega-Peña S., Alvarez-Ruiz P. & Escobedo-Bonilla CM. 2011. Double-stranded RNA against white spot syndrome virus (WSSV) vp28 or vp26 reduced susceptibility of *Litopenaeus vannamei* to WSSV, and survivors exhibited decreased susceptibility in subsequent re-infections. *J. of Invert. Pathol.*: 26-29.
- Rijiravanich Anchukorn & Craig L Browdy. 2008. Knocking down caspase-3 by RNAi reduces mortality in Pacific white shrimp *Penaeus (Litopenaeus) vannamei* challenged with a low dose of white-spot syndrome virus. *Control*: 308-313.
- Robalino J., Browdy C.L., Prior S., Metz A., Parnell P., Gross P., Warr G. 2004. Induction of antiviral immunity of double-stranded RNA in a marine invertebrate. *Journal of Virology* 78, 10442–10448.
- Robalino J., Bartlett T., Shepard E.F., Prior S., Jaramillo G., Scura E., Chapman R.W., Gross P.S., Browdy C.L., Warr G.W. 2005. Double-stranded RNA induces sequence-specific antiviral silencing in addition to non-specific immunity in marine shrimp: convergence of RNA interference and innate immunity in the invertebrate antiviral response? *Journal of Virology* 79, 13561–13571.
- Rout N, Kumar S, Jaganmohan S & Murugan V. 2007. DNA vaccines encoding viral envelope proteins confer protective immunity against WSSV in black tiger shrimp. *Vaccine* 25, no. 15: 2778-86.
- Sánchez-Martínez J.G., Aguirre-Guzmán G. & Mejía-Ruiz H. 2007. White Spot Syndrome Virus in cultured shrimp: A review.” *Aquaculture* 1339-1354.
- Tirasophon W, Roshorm Y. & Panyim S. 2005. Silencing of yellow head virus replication in penaeid shrimp cells by dsRNA. *Biochem. Biophys. Res. Commun* 334: 102-107.
- Tiu Hiu-kwan S & Siu-ming C. 2007. The use of recombinant protein and RNA interference approaches to study the reproductive functions of a gonad-stimulating hormone from the shrimp *Metapenaeus ensis*. *FEBS Journal* 274: 4385-4395.
- Vaseeharan B., Prem Anand T., Murugan T. & Chen J.C. 2006. Shrimp vaccination trials with the VP292 protein of white spot syndrome virus. *Letters in Applied Microbiology* 43, 2: 137-142.
- Vlak Just M., Jean-robert Bonami, Tim W Flegel, Guang-hsiung Kou, Donald V Lightner, Chu-fang Lo, Philip C Loh & Peter J Walker. 2002. A new virus family infecting aquatic invertebrates: Paris International Congress of virology-2002.
- Westenberg Marcel, Bas Heinhuis, Douwe Zuidema & Just M Vlak. 2005. siRNA injection induces sequence-independent protection in *Penaeus monodon* against white spot syndrome virus. *Virus Research*. 114, 133–139.
- Xu Jianyang, Han F. & Zhang X. 2006. Silencing shrimp white spot syndrome virus (WSSV) genes by siRNA. *Antiviral Research*: 6-11.

Microalgae production improvement for the ICCM's Marine Fish Hatchery, Gran Canaria, Spain¹

Moreno Alva M.

Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM) y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
ocean.mma@gmail.com

Resumen

Con el fin de mejorar la producción de microalgas en la hatchery del Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), se realizó un experimento en las bolsas de cultivo tradicionales añadiendo CO₂ puro para impulsar el crecimiento celular; después de 10 días de cultivo no se observaron diferencias significativas por lo que otro experimento se realizó, esta vez añadiendo el doble de nutrientes y CO₂ puro. Se dejaron 10 días en régimen tipo *batch* y 10 más en semi-continuo con cosechas del 10, 15 y 20% para obtener la mejor tasa de dilución para una cosecha diaria. La mejor tasa de dilución fue del 10% para las bolsas sin CO₂ y de 15% para las bolsas con CO₂, sin embargo la densidad celular no mostró un incremento considerable por lo que se probaron dos distintos foto-biorreactores en el exterior para mejorar el crecimiento celular. Dos foto-biorreactores verticales fueron probados y confrontados frente a una bolsa de cultivo tradicional con el doble de nutrientes durante 30 días; así mismo ambos foto-biorreactores (uno con el doble de nutriente y otro con el cuádruple de nutrientes) fueron confrontados entre sí. Después de 10 días tipo *batch*, el 10% del volumen fue cosechado diariamente durante 20 días más. La densidad celular tuvo un incremento significativo en los foto-biorreactores con respecto a la bolsa y también tuvieron diferencias significativas entre ellos. En el último experimento se probó un foto-biorreactor horizontal por 30 días bajo el mismo régimen de cosecha. Este sistema controlaba la temperatura y pH añadiendo CO₂ al medio de cultivo. Después del decimo día de cultivo, el 10% del volumen fue cosechado

¹ **Mejora en la producción de microalgas para el criadero de peces marinos del ICCM, Gran Canaria España.** Trabajo realizado como tesis de Maestría Internacional en Cultivos Marinos en el Instituto Canario de Ciencias Marinas y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria durante 2008 a 2010. Se ha eliminado información del trabajo correspondiente al análisis bioquímico proximal y bacteriología por cuestiones de espacio.

y remplazado con el mismo volumen de agua enriquecida durante las horas de luz solar. La densidad celular se incrementó de manera significativa, sin embargo se debe afinar este sistema ya que diatomeas se pegaron a los tubos de metacrilato. La implementación de los distintos foto-biorreactores resultó ser una estrategia que beneficia la producción larvaria simplificando el tiempo, trabajo técnico especializado y ahorro económico en las rutinas diarias, pudiendo producir continuamente fitoplancton de alta calidad y en altas densidades por más de 40 días seguidos, mientras que las bolsas de cultivos tradicional se deben rehacer cada 7 días produciendo desechos plásticos constantes. De igual manera, el espacio requerido por los foto-bioreactores es de solo el 25% del espacio ocupado por las bolsas plásticas, además de estar situados en el exterior casi como consumen energía eléctrica siendo sustentables a largo plazo y amigables con el medio ambiente.

Abstract

In order to improve the microalgae production in the ICCM's marine fish hatchery one experiment took place in the traditional culture bags inside the microalgae room adding CO₂ to avoid carbon limitation, stabilize pH and boost the cell concentration; after 10 days of culture non differences were observed. Microalgae growth could be limited for other factors, such as nutrient and light limitation, so a second experiment took place this time adding twice the regular nutrient dose plus CO₂ gas income to the culture bags for 20 days. After the 10th culture day different dilutions (10%, 15% and 20%) were done to obtain the best dilution rate for a daily microalgae harvest. The best dilution rate was 10% for bags without CO₂ and 15% with CO₂ for a daily harvest, although cell concentration growth didn't show any considerable increase which lead to prove outdoor photo-bioreactors to improve the cell concentration growth. Two outdoor vertical photo-bioreactors were tested and confronted to a traditional culture bag with twice nutrient dose; both photo-bioreactors (with twice and fourth times nutrient dose) were also confronted to each other. After the 10th culture day, 10% of the volume was daily harvest and replaced with the same volume of enriched water on the three systems. The cell concentration showed significant magnitude increase ($P > 0.05$) in the photo-bioreactors in respect to the culture bag, and also between them but not in magnitude terms. In the last experiment microalgae growth was tested for 30 days with twice nutrient dose in a tubular horizontal photo-bioreactor system which controlled temperature and pH by adding CO₂ gas into the culture medium. After the 10th culture day, 10% of the volume was daily harvest and replaced with the same volume of enriched water. Cell density increased before it collapsed due to diatoms stuck to the methacrylate tubes.

Introduction

World aquaculture has grown dramatically in the last 50 years. From a production of

less than 1 million tons in the early 1950s, production in 2006 was reported to have risen to 51.7 million tons, with a value of US \$78.8 billion. This means that aquaculture continues to grow more rapidly than other animal food-producing sectors. While capture fisheries production stopped growing in around mid-1980, the aquaculture sector has maintained an average annual growth rate of 8.7% worldwide (excluding China, 6.5%) since 1970. Annual growth rates in world aquaculture production between 2004 and 2006 were 6.1% in volume terms and 11% in value terms.

Most aquaculture production of fish, crustaceans and mollusks continues to come from inland waters (61% by quantity and 53% by value). An allocation of aquaculture production by aquatic environments shows that the freshwater environment contributes 58% by quantity and 48% by value. Aquaculture in the marine environment contributes 34% of production and 36% of total value (SOFIA, 2008).

This rapid increase in production was principally accomplished, during the centuries, thanks to mastery of reproduction of marine fish, the development of research in formulated diets and technological rearing innovations that permitted to establish aquaculture facilities both on land as well as in the sea.

According to FAO previsions, aquaculture seems to be a feasible complement to fisheries in order to satisfy the high demand of marine products. In 2004 worldwide fish consumption rate was 16.6 kg/person/year, Spain being one of the most important fish consumer's with 36.6 kg/person/year (Fig.1). Nevertheless, Spanish fish consumption depends on a fishing fleet that for many years has not been able to obtain the necessary captures to supply the national market (Roo, 2009).

Anyway, increased production requires increasing fingerlings supplies. Only for a limited group of species the production relies on hatchery outputs while for some other species, fingerlings supply rely exclusively on wild captures.

Another factor to be considered in the mass production of marine fishes is linked to the small size of the larvae and the need for small particle sizes which poses specific problems on the feed technology (Planas and Cunha, 1999). The production of marine larvae strongly depends on the reproduction of a simplified trophic chain, based on the use of microalgae, rotifers and Artemia. This situation implies the need to maintain parallel facilities to fish larval tanks to produce live prey for larval feeding, increasing enormously the cost of fish fry (Roo, 2009).

Despite the recent progress in the production of inert diets for fish larvae, feeding of most species of interest for aquaculture still relies on live feeds during the early life stages. Independently of their nutritional value, live feeds are easily detected and captured, due to their swimming movements in the water column, and highly digestible, given their lower nutrient concentration with water content $\geq 80\%$ (Conceição and Yúfera 2009).

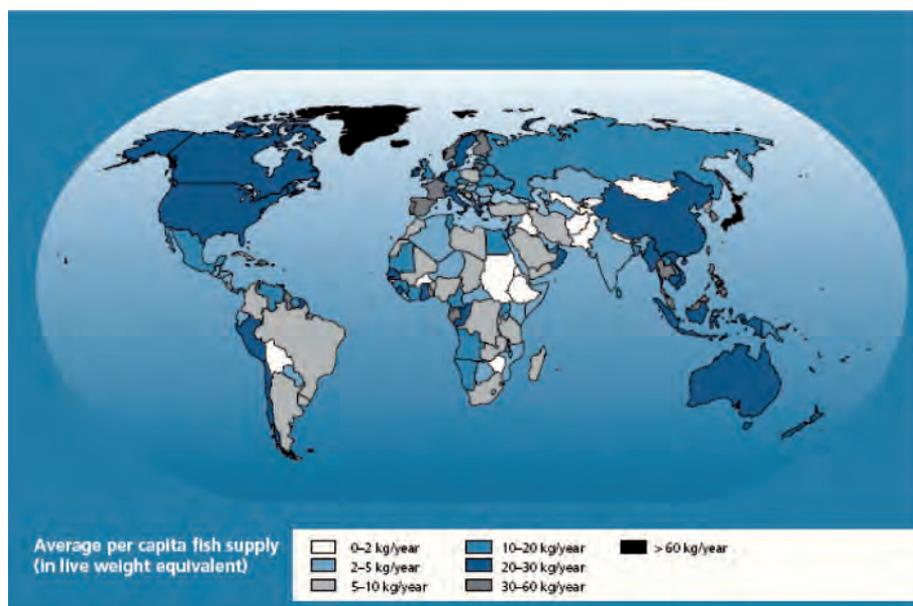


Figure 1.- SOFIA, 2008 statistic world's fish supply.

The most commonly used live feeds in aquaculture are rotifers (*Brachionus* sp.) and brine shrimp (*Artemia* sp.), due to the existence of standardized cost-effective protocols for their mass production. However, both rotifers and *Artemia* have nutritional deficiencies for marine species, particularly in essential n-3 highly unsaturated fatty acids (HUFA, i.e., docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid).

Several species of microalgae are also used in larviculture. These are used as feed for other live feeds, but mostly in the “green water” technique² in fish larval rearing, with putative beneficial effects on feeding behavior, digestive function, nutritional value, microflora balance and a general effect on water quality.

Nonetheless, technical difficulties in mass-producing these organisms are still a constraint to their routinely use. Improvements in inert microdiets will likely lead to a progressive substitution of live feeds. However, complete substitution is probably years away for most species, at least for the first days of feeding (Conceição and Yúfera 2009).

² The Green water method includes the generation of an endogenous trophic chain based in phytoplankton (*Nannochloropsis* sp.) and rotifers (*Brachionus* sp.) which are allowed to grow in filtered and sterilized seawater. Water is fertilized with nutrients and inoculated with phytoplankton and rotifers which developed until they reach a 500,000 phytoplankton cells.ml⁻¹ and >2 rot.ml⁻¹. The water is not renewed until day 4 to 8 when larvae are introduced. When the food chain is correctly developed this last approximately 25 days before *Artemia* and weaning diets are necessary.

Microalgae production

Microalgae constitute the first link in the oceanic food chain, due to their ability to synthesize organic molecules using solar energy. In aquaculture, microalgae are produced as a direct food source for various filter-feeding larval stages such as bivalve mollusks (clams, oysters and scallops), some marine gastropods (abalone) and in the early stages of penaeid shrimps (Yúfera & Lubian, 1990). They are also used as an indirect larval food, because are used in the production of zooplankton (i.e., rotifers and *Artemia*), which in turn are the live preys for the carnivorous larvae of most of the marine fishes and shrimp species actually farmed. Moreover, also the intensive production of bivalves has, so far, relied on the production of microalgae, which comprises, on average, 30% of the operating costs in a bivalve hatchery.

In the “green water” fish rearing technique, algae are used directly into the larval tanks. This technique is nowadays a normal procedure in marine larviculture, given that it has been widely reported to improve fish larval growth survival and food ingestion. The observed larval quality enhancement, when using microalgae, has been showed in various studies, which demonstrated that microalgae seemed to provide nutrients directly to the larvae (Mofatt, 1981), contribute to the preservation of live prey nutritional quality (Makridis & Olsen 1999), promote changes in the visual contrast of the medium and to play an important role in the microflora diversification of both the tank and the larval gut (Skjermo & Vadstein, 1999).

More recently, Rocha *et al.* (2008) showed that fish larvae feeding ability is also influenced by the presence of microalgae in the tank. However, this effect is not the same among species and has been shown to be more pronounced in gilthead seabream (*S. aurata*) than in Senegalese sole (*S. senegalensis*) larvae (Rocha *et al.*, 2008).

Microalgae species were investigated based on their biological characteristics and performance under laboratory conditions, as well as on their nutritional and energetic properties.

Using these selection criteria, 16 genera of microalgae are nowadays produced. Still, some species dominate and it is possible to relate such species to their corresponding utilization. Class *Baccilariophyceae* (Diatoms) are usually given to bivalve molluscs and crustacean larvae as they are rich in silicates, which constitute their cell walls (frustules) and are necessary for bivalves and crustaceans for the formation of their rigid structures. Classes *Prasinophyceae* (e.g., *Tetraselmis suecica*, *Tetraselmis chuii*) and *Chroophyceae* (e.g., *Dunaliella tertioleta*, *Chrorella minutissima*) are ideal food for crustacean larvae, when complemented by *Baccilariophyceae* for silicate supply (Conceição and Yúfera 2009).

The growth of any axenic³ culture of microalgae is characterized by five phases descri-

³Not contaminated by or associated with any other living organisms. Usually used in reference to pure cultures of microorganisms that are completely free of the presence of other organisms.

bed in figure 2 (Lavens & Sorgeloos, 1996).

1. Lag or induction phase. This phase is characterized by a little increase in cell density. Cultures inoculated with exponentially growing algae have a short lag phase, which can seriously reduce the time required for up scaling. The lag in growth is attributed to the physiological adaptation of cell metabolism to growth, such as the increase of the levels of enzymes and metabolites involved in cell division and carbon fixation.
2. Exponential phase. During this second phase, the cell density increases as a function of time according to a logarithmic function:

$$C_t = C_0 \cdot e^{mt}$$

With C_t and C_0 being the cell concentrations at time t and 0 , respectively, and m =specific growth rate. The specific growth rate is mainly dependent on algal species, light intensity and temperature.

1. Phase of declining growth rate. Cell division slows down when nutrients, light, pH, carbon dioxide or other physical and chemical factors begin to limit growth.
2. Stationary phase. In the fourth stage growth limiting factors and the growth rate are balanced, which results in a relatively constant cell density.
3. Death or “crash” phase. During the final stage, water quality deteriorates and nutrients are depleted to a level incapable of sustaining growth. Cell density decreases rapidly and the culture eventually collapses. In practice, culture crash can be caused by a variety of reasons, including the depletion of a nutrient, oxygen deficiency, overheating, pH disturbance, or contamination. The key to the success of algal production is maintaining all cultures in the exponential phase of growth. Moreover, the nutritional value of the produced algae is inferior once the culture is beyond phase 3 due to reduced digestibility, deficient composition, and possible production of toxic metabolites.

Nannochloropsis gaditana

Nannochloropsis gaditana is a well appreciated alga in aquaculture due to its nutritional value and its ability to produce valuable chemical compounds, such as pigments (zeaxanthin, astaxanthin.) and polyunsaturated fatty acids (PUFAs). Anyway, the commercial exploitation of microalgae generally needs high cell densities but the low growth rate and the small size of *N. gaditana* cells are the principal bottleneck for the high scale production of this specie (Rocha, 2003).

Size and morphology of microalgae are susceptible to variation due to culture conditions among their growth cycle. Indeed, when *N. gaditana* algae culture is in the exponential phase, the cells are ellipsoidal shaped $3.5\text{-}4\mu\text{m} \times 2.5\text{-}3\mu\text{m}$ in size. In this circumstances *N.*

gaditana can be distinguished from the other *Nannochloropsis* algae (Lubián, 1982). The algal cells are immovable, without flagella, with a pale color parietal simple chromophore which occupies a large part of the cell, they present a highly basophilic cytoplasm with lipid accumulation; The cell wall is a unique smooth piece as shown on figure 3.

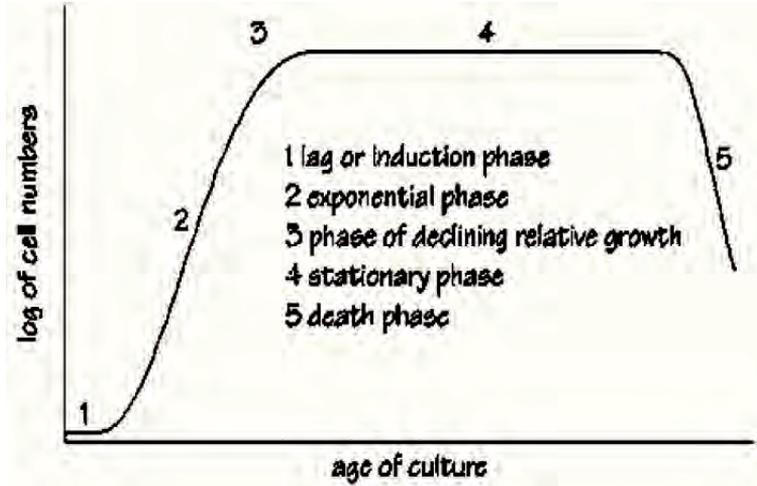


Figure 2.- Culture phases of microalgae. Taken from Lavens & Sorgeloos, 1996. According to the ICCM's marine fish hatchery, the microalgae used for live prey feed and "pseudo green water"⁴ system is *Nannochloropsis gaditana* (Lubian, 1982).

The reproduction is exclusive by binary cell fission. The chloroplast which occupies most of the cell contains a lamellae series formed by three parallel thylakoids each and a lack of envelope lamellae. The wall cell is covered by four membranes, two of which are external membranes and seems to correspond to the endoplasmic reticulum (Lubian, 1982).

⁴This technique is based on an exogenous food chain, that contains phytoplankton and rotifers, produced in parallel facilities and that are daily introduced according to the larval demand

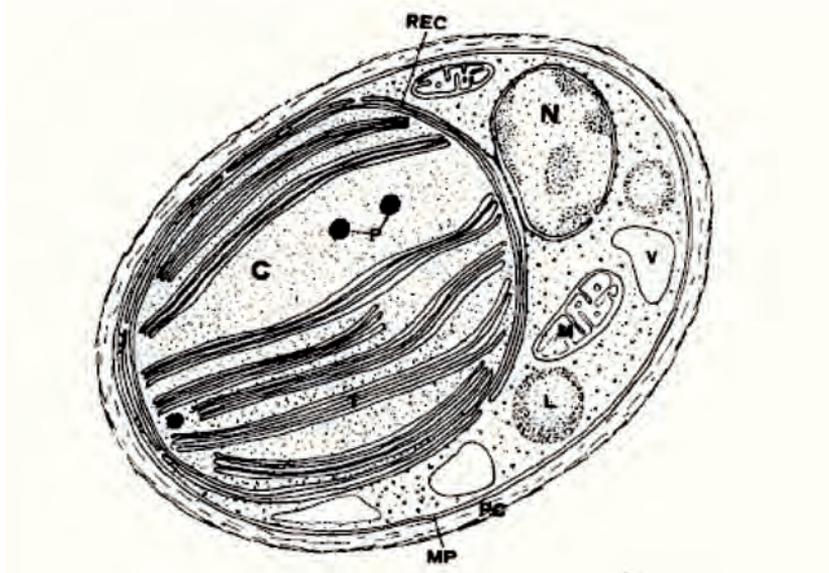


Figure 3.- Principal characteristics of a *N. gaditana* cell structures. C.Chloroplast. MP. Plasmatic membrane. N. Nucleous. M. Mitochondria. REC. *Endoplasmic reticulum*. T. Thylakoids. PC. Cellular wall. V.Vacuoles. L. Lipids. P. Plastidial globules.

Microalgae can be cultivated in many different ways, depending on the purpose of the culture. The main microalgae culture systems may be described by these criteria:

- Indoors/Outdoors. Indoor cultures allow having control over environmental parameters such as illumination, temperature, pH, nutrient level, predator pollution and other competing algae. Outside cultures are very difficult to maintain pollution free for extended periods and most of the environment parameters can't be controlled.
- Open/Closed. Regardless of whether they are indoors or outdoors, open systems are more susceptible of pollution than closed containers.
- Axenic/xenic. Axenic systems are strictly closed due to avoid any kind of pollution through air filtration and sterilization of culture water, nutrients, containers and every tool used in the system plus a pure inoculation algae strain.
- Depending on the productivity of the system the microalgae culture can be distinguished in three groups, Batch culture, Semi-continuous and continuous culture.

Traditional culture

The batch culture is the most regular used at the Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM) fish hatchery, the batch culture consists of a single inoculation of cells into a plastic

bag with enriched water followed by a growing period of several days without manipulating the culture and finally harvesting when the algal population reaches its maximum/near maximum density. To scale up the culture and obtain a bigger volume of culture, algae are transferred to larger volumes prior to reach the stationary phase and the larger culture volumes are then brought to a maximum density and then completely harvested. Batch culture systems are widely applied because of their simplicity and flexibility.

The semi-continuous method prolongs the use of culture through the partial periodic harvesting followed immediately by refilling up the original volume with nutrients plus water to achieve the original enrichment level. The culture is grown up again, and partially harvested and so on. Semi-continuous cultures may be indoors or outdoors, but usually their duration is unpredictable due to competitors, predators and/or contaminants and metabolites, that may make the culture unsuitable for further use. Since the culture is not harvested completely, the semi-continuous culture yields more algae production than the batch culture system.

In the continuous culture method, a supply of enriched seawater is continuously pumped into a growth container and the excess culture is simultaneously harvested. This system permits the maintenance of cultures very close to the maximum growth rate. Two categories of continuous cultures can be distinguished:

- Turbidostat culture, in which the algal concentration is kept at a preset level by diluting the culture with fresh medium through an automatic system.
- Chemostat culture, in which a flow of fresh medium is introduced into the culture at a steady, predetermined rate.

Open ponds can be categorized into natural waters (lakes, lagoons, ponds) and artificial ponds or containers (Fig. 4). The most commonly used systems include shallow big ponds, tanks, circular ponds and raceway ponds. One of the major advantages of open ponds is that they are easier to construct and operate than most closed systems. However, major limitations in open ponds include poor light utilization by the cells, evaporative losses, diffusion of CO₂ to the atmosphere, and requirement of large areas of land. Furthermore, contamination by predators and other fast growing heterotrophs have restricted the commercial production of algae in open culture systems to only those organisms that can grow under extreme conditions. Moreover, due to inefficient stirring mechanisms in open cultivation systems, their mass transfer rates are very poor resulting to low biomass productivity (Ugwu, 2008).

As mentioned, closed systems offer major opportunities to avoid culture pollution and improve cell density; therefore closed photo-bioreactors provide a suitable option for microalgae culture taking advantage of small areas for high density algae cultures.



Figure 4.- Commercial microalgae culture ponds. Kona, Hawaii.http://www.algae4oil.com/borders/clip_image001_000.jpg

Photo-bioreactors (Pbr)

A photo-bioreactor is a system, which provides an artificial environment to grow phototrophic cell cultures. Many factors influence the design of a successful photo-bioreactor such as light, carbon dioxide and nutrients. Light is often considered to be one of the most important factors (Richmond, 2004).

Closed photo-bioreactors have attracted much interest because they allow a better control of the cultivation conditions than open systems. With closed photo-bioreactors, higher biomass productivities may be obtained and contamination can be easily prevented (Xu, *et al.*, 2009).

The flat panel photo-bioreactors arise when one considers the laminar morphology of plant leaves, they are well evolved solar collectors, and thus flat panel type geometrics seem to have been modeled the same way with a high surface/volume ratio (Figure 5). Usually, the panels are illuminated mainly on one side by direct sunlight and have the added advantage that they can be positioned vertically or inclined at an optimum angle facing the sun (Xu, *et al.*, 2009).

These kinds of photo-bioreactors have been widely accepted for cultivation of photosynthetic microorganisms due to their big illumination surface area. Ramos de Ortega and Roux in 1986 developed an outdoor flat panel reactor by using thick transparent PVC materials; forming flat-plate photo-bioreactors made of transparent materials for maximum utilization of solar light energy. Accumulation of dissolved oxygen concentrations in flat-plate photo-bioreactors is relatively low compared to horizontal tubular photo-bioreactors (Ugwu, 2008).

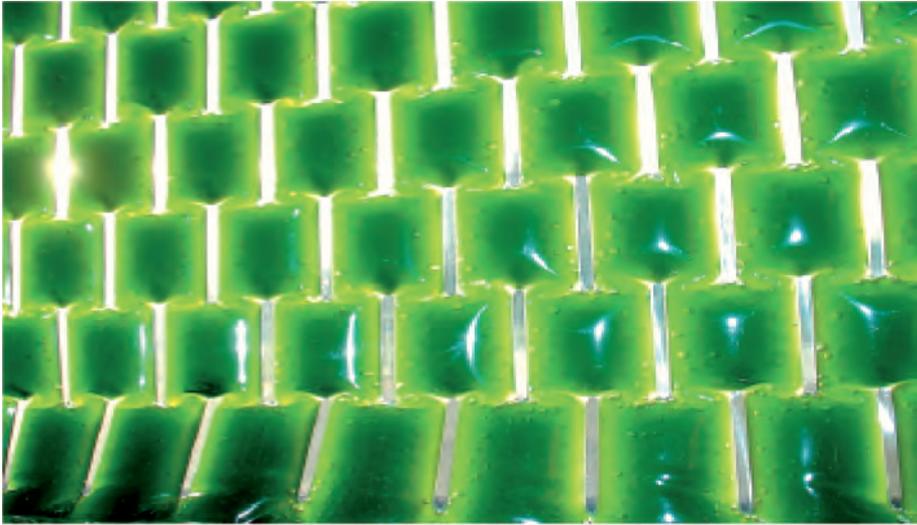


Figure 5.- Flat-panel plastic photo-bioreactor. Geometric design for best solar collection. <http://www.proviron.com>

Various designs of photo-bioreactors have been tested for algae mass cultivation one of which was vertical column (Fig. 6). They have been considered due to their compact design, low cost production and easy operation, and also for very promising perspectives for large-scale production. Miron, *et al.*, reported in 2002 that bubble-column and airlift photo-bioreactors (up to 0.19 m in diameter) can attain final biomass concentration comparable to values reported for narrow tubular photo-bioreactors. Pneumatically agitated bubble columns and airlift devices attain the requisite mass transfer coefficient of 0.006 s^{-1} and liquid circulation velocity at a relatively low power input for practicable culture of microalgae (Miron, 2000).

Aeration rate is restricted by considerations of shear sensitivity. There is an upper limit on the acceptable level of turbulence, because algal species are affected differently by the hydrodynamic stress (Miron, *et al.*, 2000). Generally, increasing aeration rate increases mixing, liquid circulation, and gas-liquid mass transfer in bubble column and airlift bioreactors, and it also provides good gas-liquid mass transfer for efficient use of CO_2 (Xu, *et al.*, 2009). Not surprisingly some microalgal species also suffer negative effects from an increase in superficial gas velocity due to the high shear stress caused by high aeration rate.



Figure 6.- Vertical column photo-bioreactors. Left. <http://www.bioenergy-noe.com> Right. ICCM's fish hatchery vertical photo-bioreactors.

These vertical column photo-bioreactors possess some advantages for microalgae cultivation: fixed parts, low power consumption, high mass transfer rate, good solids suspension, homogeneous shear, rapid mixing, and due to the vertical orientation, less space is required for high density culture. Indeed, scale-up is quite sensitive to the penetration of light into the bioreactor which decreases exponentially with distance from the light source.

Among the proposed photo-bioreactors, tubular photo-bioreactor (Figure 7) is one of the most suitable types for outdoor mass cultures. Most outdoor tubular photo-bioreactors are usually build up with either glass or plastic tube and their cultures are re-circulated either with pump or preferably with airlift system. They can be in form of horizontal serpentine, vertical, near horizontal, conical or inclined photo-bioreactor (Ugwu, 2008).

Aeration and mixing of the cultures in tubular photo-bioreactors are usually done by air-pump or airlift systems. Tubular photo-bioreactors are very suitable for outdoor mass cultures of algae since they have large illumination surface area. On the other hand, one of the major limitations of tubular photo-bioreactor is poor mass transfer. It should be noted that mass transfer (oxygen build-up) becomes a problem when tubular photo-bioreactors are scaled up. For instance, some studies have shown that very high dissolved oxygen (DO) levels are easily reached in tubular photo-bioreactors (Molina and Fernández, 2001).



Figure 7.- Left. Horizontal tubular photo-bioreactor in ICCM fish hatchery. Right. Industrial tubular photo-bioreactor for biofuel production. <http://brae.calpoly.edu/CEAE/images/biofuels3.gif>

Tube diameter is limited (generally 0.1 m). Increasing tube diameter results in a decrease in the surface/volume ratio, and this factor has a strong impact on the culture. As the algae grow and increase in density, they begin to shade one another and this translates to a volumetric reduction in biomass per unit of incident light (Xu *et al.*, 2009).

Objectives

Improve the microalgae (*N. gaditana*) production inside the ICCM's fish hatchery facilities by two different ways:

- Increase microalgae cell density in the traditional bag production systems inside the microalgae room injecting CO₂ gas and increase nutrient income.
- Increase microalgae cell density establishing two different kinds of outdoor photo-bioreactors in a reduced space.

Methods

This experiments were performed at the fish hatchery mesocosmo facilities at the ICCM located in Taliarte's port in Gran Canaria, Spain. The microalgae used was *Nannochloropsis gaditana* (Lubián, 1982). The materials used where bought in a local hardware store or were part of the mesocosmo equipment.

Microalgae culture

The microalgae culture was made in different scale volumes:

1. Bags of 50 and 230 L.

2. 50L Vertical Photo-bioreactors.
3. 30L. Horizontal Photo-bioreactor.

N. gaditana culture was made using filtered and sterilized (UV) sea water to get to a final salinity of 25 ‰. Reducing water salinity, avoided the presence of algae competitors such as ciliated organisms, bacteria or other algae species. Originally, marine water salinity was of 37 ‰, and culture system volumes were of 30, 50, and 230 L. The proper quantity of fresh and marine water used (Table II) was calculated through the formula:

$$C_1 V_1 = C_2 V_2$$

The culture medium used to enrich water was the Guillard and Ryther (1962) f/2 medium. Specifically a commercial product was used (Nutri-phyt, Easy algae – Spain) made of two different solutions: The first one contained nitrates, phosphates, silicates and minerals; the second one is composed of vitamins. The first solution had to be kept in darkness (due to the presence of photo-oxidizing components) at room temperature; while vitamins solution was kept at + 4°C (to avoid component's heat denaturalization).

Traditional bag culture

Experiments with this system were conducted for 10 days during the exponential growing phase plus 5 more days during the stationary phase. Semi continuous culture⁵ began with a daily harvest at the 10th day, (late exponential phase) before algal culture did not show any global increase in concentration due to a lack of nutrients and the accumulation of secondary metabolites. The experiments were done by sixfold, this means that every bag was considered as a replica of each treatment.

Plastic bags were prepared using transparent polyethylene of 800 gauges (thickness) of 50 x 100 cm. for the 50 L bags and 50 x 500 cm. for the 430 L bags.

Algae inoculums and nutrients were added through the same holes in the bags (Fig.8). Illumination was artificially provided, 24 hours a day, by 24 fluorescent light bulbs (Phillips TL-D 58W/54 - 765) twelve at each side of a set of six bags, this sets of light bulbs had a constant irradiance range between 8800 to 16400 lux. The quantity of light at the outward side of the bags was determined by weather conditions during day time.

⁵Semi-continuous culture is intended when an aliquot of each culture is harvested and supplanted with the same volume of enriched water.

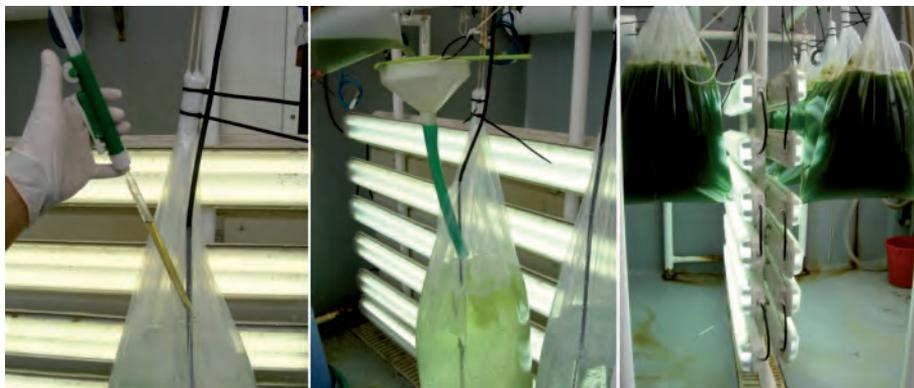


Figure 8.- Addition of nutrients to each bag through the holes on the bag. Bag inoculation. Twelve fluorescent light bulbs on each side of the bag holding structure

Vertical Photo-bioreactors (VPbr)

Two vertical methacrylate tubes were settled up as outdoor photo-bioreactors. Each tube was 180 cm tall with 20 cm. base diameter and 4mm thickness. The total volume of each cylinder was of 56 L. Each photo-bioreactor was covered with a PVC lid with a PVC elbow union installed at the top where water heater (Eheim 50 W., mod. Jager 3602, Germany), air and water hoses get into the tubes (Fig.9).

Culture medium and inoculums preparation were made as mentioned for traditional bag culture. The total algae volume was maintained at 50 L to prevent medium spilling due to air bubbling. The VPbrs were done with no replicates, they were established as single systems tested consequently one after the other. The VPbrs were equipped with a peristaltic pump (Iwaki, Japan) shown on figure 9 for nutrient adding that was connected to a timer (Orbis, Spain) shown on figure 9 that operated during daytime injecting enriched water from the 30 L water reservoir to the VPbrs.

System Operation

The VPbr (Fig. 9) functioned as follows:

1. The enriched water was pumped through the peristaltic pump (Iwaki electromagnetic metering peristaltic pump. Model EW-F31VC-20EPF5, Japan) connected to the timer (Orbis, Spain) set to operate during eight daylight hours with a rate of $10.42 \text{ ml (min)}^{-1}$.
2. The air hose supplied big bubble aeration to keep turbulent flow inside the tubes and prevent sedimentation or stuck algae at the tube walls. The water heater was settled in order to start working when the culture temperature descended beneath 25° C ,

(most of the times it just worked at night).

3. The algae were passively collected in a plastic container at the same rate that the enriched water entered the system.

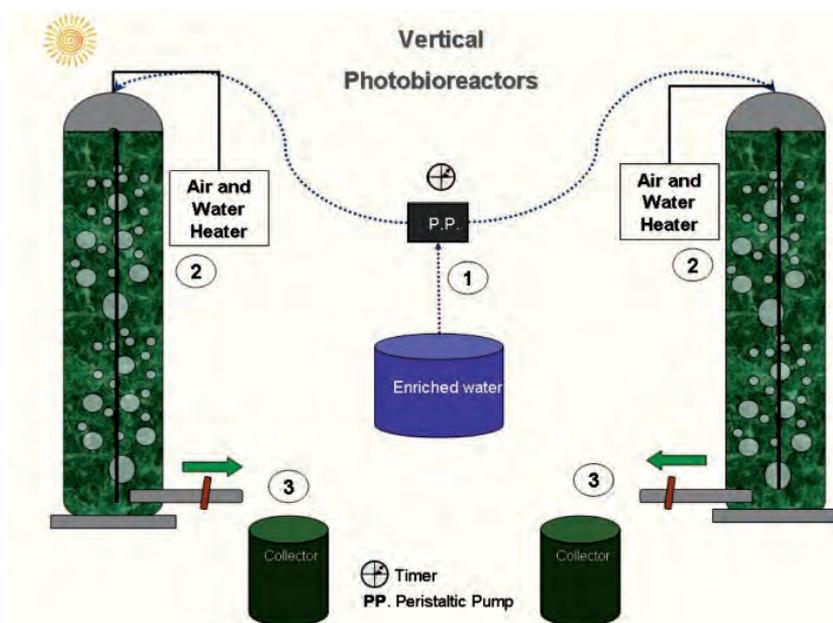


Figure 9.- Vertical Photo-bioreactors system. 1) Enriched water pumped into the methacrylate tubes. 2) Air supply and water heater are installed inside each tube. 3) Plastic drums to collect the daily harvest production.

Horizontal Photo-bioreactor (HPbr)

This algae production system was made as a single system with no replicates in due of the material availability, this system consisted in two different parts; one located outside at the natural sunlight, and a second one inside the mesocosmo unit.

System Operation

As any microalgae culture, the system has to reach the late exponential phase, which means that on the very first ten days, the algae grow through the exponential phase without manipulating the system. The HPbr (Fig. 10) works as follows:

1. The HPbr, system starts on the dark glass fiber tank where the microalgae flow from the bottom tap through a 20 mm diameter plastic hose connected to the water pump
2. The water pump sends the microalgae to the exterior traveling 40 lineal meters through the tubular structure composed of 20 methacrylate tubes (620 ml each) at $14.4 \text{ L (min)}^{-1}$ rate.

3. The microalgae culture return inside the dark tank where the liquid-gas mass interchange takes place.
4. The pH sensor inside the tank sends a signal to the pH controller when the pH values descend beneath 7.5 opening automatically the electro-valve located in the CO₂ cylinder allowing the gas flow through the pipe just before the pump send the microalgae to the outside tubular panel where CO₂ is well used in the algae photosynthesis before it returns to the dark tank and degasification occurs. When the pH value return to 7.5 the electro-valve automatically close and stops the CO₂ gas flow.
5. Culture medium temperature is constantly controlled inside the dark tank with the water chiller and heater mentioned before.
6. After reaching the late exponential phase at the 10th culture day, 10% of the HPbr volume enriched water was daily added and harvested (3 L).
7. The enriched water was pumped through the peristaltic pump connected to the timer (Orbis, Spain) settled to operate just during 8 daylight hours with a rate of 6.25 ml (min)⁻¹.
8. The algae were passively collected in the same rate that the enriched water was added to the system.

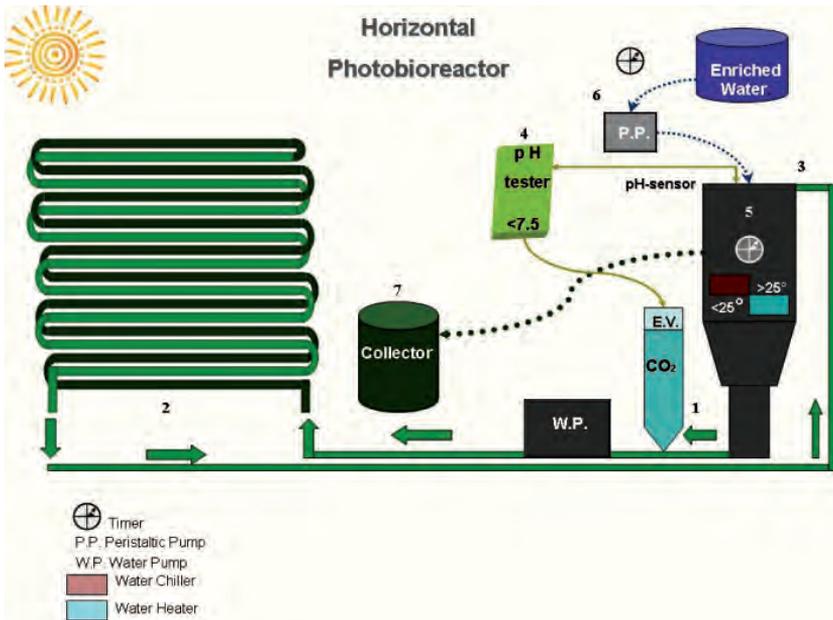


Figure 10.- Components of the Horizontal Photo-bioreactor. Diagram shows the path that algae makes in the system circuit. The tubular panel is located outdoors and all the remaining system is located indoors.

Results

Bag cultures with CO₂

After 10 days of continuous microalgae culture, no differences were observed between two treatments. The microalgae growth showed three phases, the lag phase from day 0 to 1, followed by the exponential phase from day 2 to the late exponential phase reached on the day 7 of the WOCO₂ treatment and on day 9 in the WCO₂ treatment. The highest cell concentration ($\times 10^6$ cells (ml)⁻¹) reached was 54.76 ± 21.22 in the cultured algae bags with CO₂ on the 9th culture day, while the other treatment (WOCO₂) reached a highest cell concentration of 45.91 ± 15.57 on the 7th culture day decreasing until the 10th day was reached, very similar to the first one but the highest value was reached two Experimental developments 67 days before than the other treatment as shown in figure 11. No significant differences ($P > 0.05$) were observed between the two treatments.

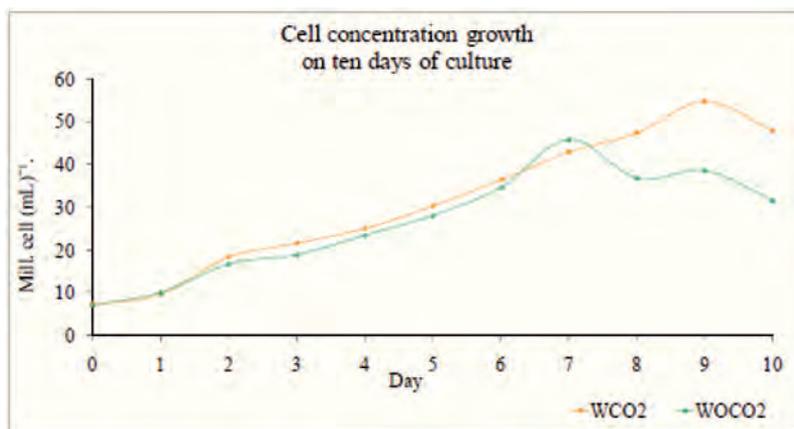


Figure 11.- Effect on the cell concentration growth on *N. gaditana* culture.

After ten days of microalgae culture the biomass production g (L)⁻¹ showed no significant differences between the two treatments (Fig.12). The microalgae production (g (L)⁻¹) was 0.36 ± 0.01 on the treatment with CO₂ and 0.37 ± 0.08 on the treatment without CO₂. There were no significant differences between each other.

Vertical Photo-bioreactors

The microalgae growth showed three phases in the three systems at the first 10 days of culture without manipulation. The lag phase occurred on day 0 and day 1 followed by the exponential growth phase from day 3 to day 9 reaching the late exponential phase at the day 10 with cell concentrations of 160 ± 36.51 in the VPbr I, 158.1 ± 37.58 in the VPbr II and 65 ± 8.2 in the microalgae bag reached on day 11 (Fig.13).

After 10 days without manipulating the systems, a semi-continuous culture began in the three systems with 10% volume dilution, every day 5 L were harvested and replaced with enriched water at the same proportions that they were started; VPbr I and bag with twice nutrient dose while the VPbr II with four times the nutrient income. Past 20 days of microalgae culture the cell concentration kept growing on both VPbrs and reached 161.88 ± 25 in the VPbr I and 213.8 ± 12.91 in the VPbr II, while the cell concentration of the bag decreased down to 30 ± 9.3 . The highest cell concentration on the VPbr I was 271.88 ± 9.59 reached on the 27th culture day, the VPbr II reached its higher cell concentration of 317.5 ± 24.49 on the 28th day, while the bag kept decreasing from day 10 ending with a cell concentration of 12.44 ± 4.03 on the 30th culture day as shown in figure 14.

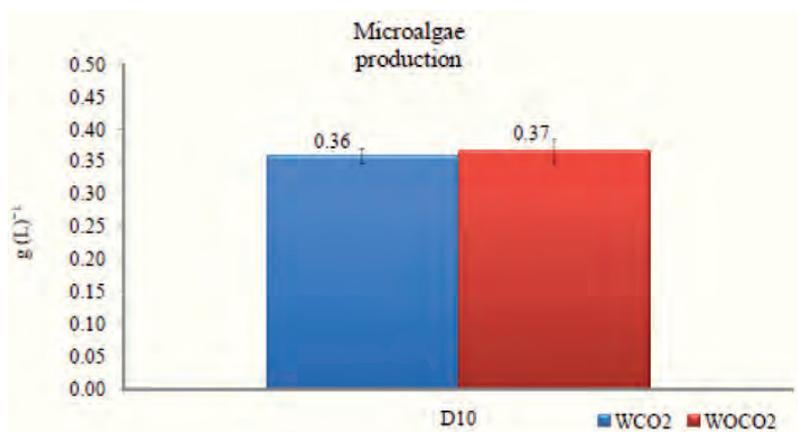


Figure 12.- Microalgae production on both treatments after ten days of growth.

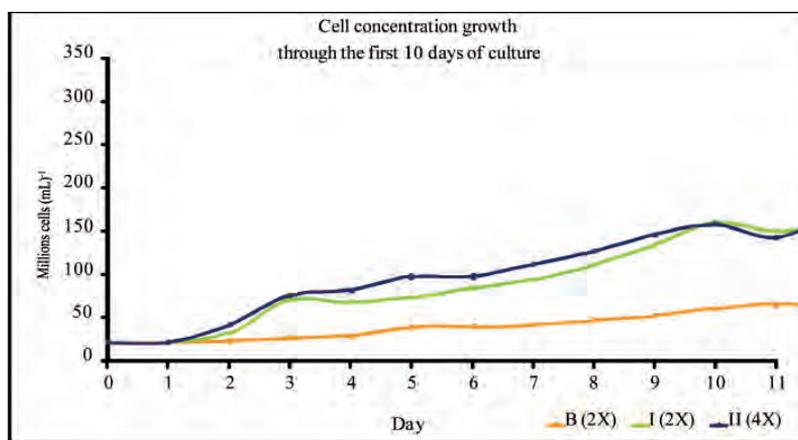


Figure 13.- Concentration growth in the first 10 culture days.

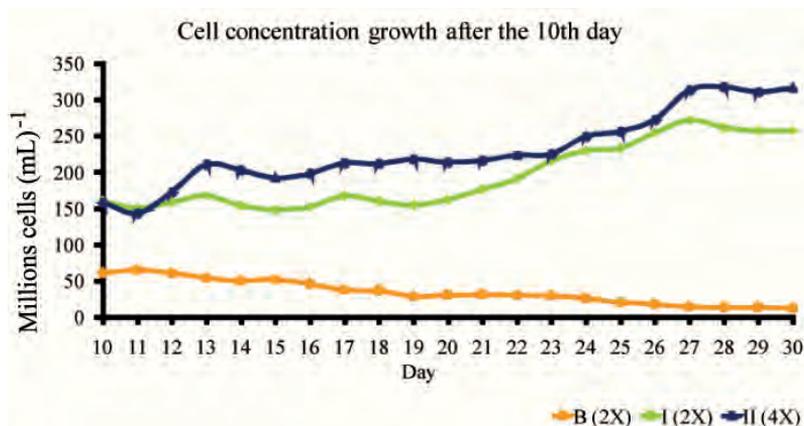


Figure 14.- Concentration growth after the 10th culture day up to the 30th culture day.

The microalgae biomass daily production (g (L)^{-1}) average from day 10 to day 30 was 0.36 ± 0.18 in the culture bag, with significant difference ($P > 0.05$) against both VPbrs. The VPbrs biomass production was 3.71 ± 0.86 in VPbr I and 4.39 ± 0.97 in VPbr II on the same days with significant differences ($P > 0.05$) between them as shown on figure 15.

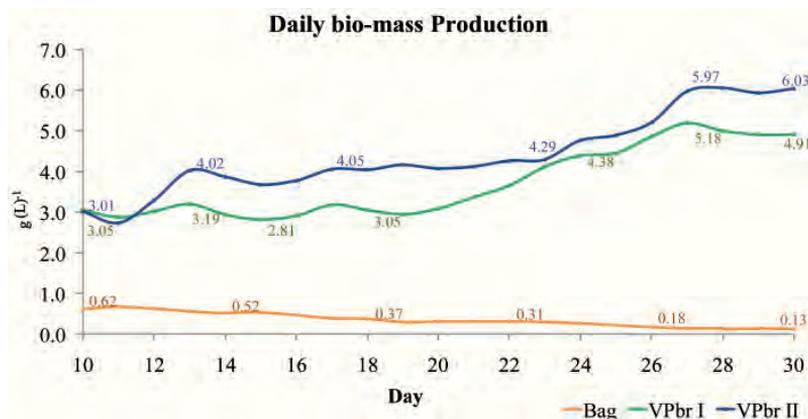


Figure 15.- Daily biomass production of the two VPbr's versus the traditional bag production under the same nutrient concentrations.

Horizontal Photo-bioreactor

The lag phase was imperceptible due to the exponential phase which started at day 1 reaching the late exponential phase at the 11th culture day with a cell concentration ($\times 10^6$ cells (ml)⁻¹) growth of 323.75, although the daily dilution of 10% of the volume started began on day 10; the higher cell concentration of 377.5 was reached at the 15th culture day (Fig.16).

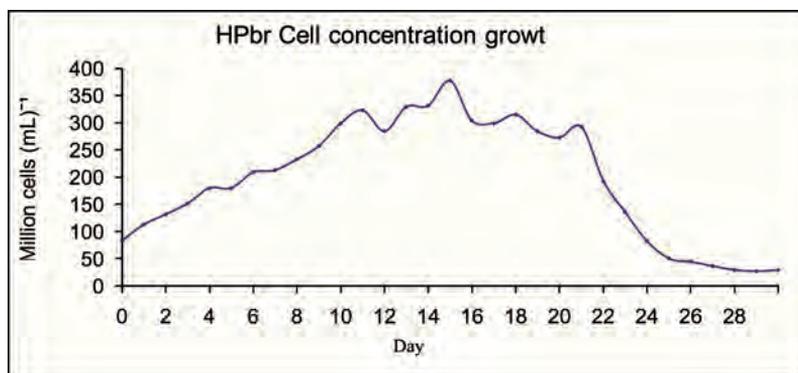


Figure 16.- Cell concentration growth of *N. gaditana* in the HPbr through 30 culture days.

From day 15th cell deposition in the tubular structure began to attach inside the walls avoiding the whole light entrance to the microalgae inside tubes which lead to a cell concentration decrease. This cell attachment inside the tubes continue growing covering more tube surface every day until the 22nd culture day when almost all the microalgae was attached to the tubes and other kind of algae began growing inside the tube surface.

Discussions

The preliminary trials with vertical photo-bioreactors, confirmed the higher performance, in terms of cell growth, already explained in previous studies (Sukenik, *et al.*, 2009). Indeed, the difference in cell growth was in the order of six times higher in respect to traditional culture bags. Moreover, taking advantage of the previous trials, Pbrs were started fertilizing water with twice the nutrients and adding CO₂ or applying water recirculation.

Considering the high grow rate of algae in the vertical Pbrs, a comparative experiment in which nutrients were doubled or increased four times and with a harvesting rate of 10% was carried out comparatively with a traditional culture bag. As expected, cell concentration was order of magnitude higher in Pbrs ($\approx 295 \times 10^6$ cells ml⁻¹) than in bag ($\approx 65 \times 10^6$ cells ml⁻¹), even though the same phases of growth could be evidenced in both systems, with a shorter lag phase in Pbr.

In the performances of vertical and a horizontal Pbrs. Comparisons showed that cell growth in the horizontal photo-bioreactor was extremely more rapid than the one in VPbrs reaching after only 10 days the same cell concentration of VPbrs after 30 days ($\approx 300 \times 10^6$ cells (ml)⁻¹). Anyway, biomass was lower than the one of VPbr probably due to the smaller dimension of the algal cells. Moreover it has to be pointed out that algae from HPbr showed a lighter color than algae from VPbrs. It has been reported (Henriques and Rocha, 2007) that

the production of chlorophyll a and carotenoids increase during light period and in particular in the first 8 hours of illumination. The HPbr of this study was set up during winter time, and the recirculation of water implied that algae passed in an obscure tank almost 2/3 of the time, factor that may have influenced this behavior.

Conclusions

1. Adding pure CO₂ or adding a double dose of nutrients to small scale algae culture (traditional plastic bags) did not improve significantly algae growth or their biochemical performance. A particular attention must to be paid on the illumination (light intensity) that seems to be a more limiting factor to algae growth.
2. Culture bags under batch conditions proved that the use of a semi-continuous system collapsed them after 10 days of harvest with any dilution rates.
3. The use of outdoor photo-bioreactors (Pbrs) dramatically enhanced algae production, considering both systems (vertical and horizontal).
4. In the onset of vertical photo-bioreactors (VPbrs) the use of a pump for water recirculation did not improve the performance of the system. Simple aeration guaranteed a good mass transfer and cell growth.
5. The addition of continuous enriched water through a peristaltic pump improved the productivity, simplifying and reducing time in daily work.
6. The microalgae productivity was enhanced at least 6 times in the Pbrs in respect to the traditional culture bags.
7. Horizontal Pbr (HPbr) seems to be more efficient both in terms of cell growth in respect of VPbr, as the same cell concentration can be achieved in 1/3 of the time required for VPbr. volume, tube size and dark phase duration for a better control of the system.
8. With VPbrs, high density and quality culture productions have been achieved, being suitable over 30 days of continuous culture reducing work time and cost. Because of this, VPbrs are widely suggested for the ICCM's marine fish hatchery operations.

References

- A.O.A.C. (1995) Official Methods of Analysis of the Association Analytical Chemist. U.S.A., p. 1018.
- Balebona M.C., Andreu M.J, Bordas M.A., Zorrilla I., Moriñigo M.A., Borrego J.J. (1998) Pathogenicity of *Vibrio alginolyticus* for Cultured Gilt-Head Sea Bream (*Sparus aurata* L.). *Applied and environmental microbiology*, 64 (11), 4269-4275.
- Bordas M.A., Balebona M.C., Zorrilla I., Borrego J.J., Moriñigo M.A. (1996) Kinetics of

- Adhesion of Selected Fish-Pathogenic *Vibrio* Strains to Skin Mucus of Gilt-Head Sea Bream (*Sparus aurata* L.). *Applied and environmental microbiology*, 62 (10), 3650-3654.
- Cheng-Wu Z., Zmora O., Kopel R., Richmond A. (2001) An industrial-size flat plate glass reactor for mass production of *Nannochloropsis* sp. (Eustigmatophyceae). *Aquaculture*, 195, 35-49.
- Christie W.W. (1982) Lipid Analysis. Pergamon Press, Oxford. Cort, W.M., 1974. Antioxidant activity of tocopherols, ascorbyl palmitate, and ascorbic acid, and their mode of action. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 51, 321-325.
- Conceição L.E.C., Yüfera M. (2009) Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research*, 1-28.
- Csavina J.L. (2008) The Optimization of Growth Rate and Lipid Content from Select Algae Strains. *Master of Science Thesis*. College of Engineering and Technology of Ohio University. 99 p.
- Faulk C.K., Holt G.J. (2005) Advances in rearing cobia *Rachycentron canadum* larvae in recirculating aquaculture systems: live prey enrichment and greenwater culture. *Aquaculture* 249, 231-243.
- Folch J., Lees M., Stanley G.H.S., (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226, 497-509.
- Gómez León J., Villamil L., Lemos M.L., Novoa B., Figueras A. (2005) Isolation of *Vibrio alginolyticus* and *Vibrio splendidus* from Aquacultured Carpet Shell Clam (*Ruditapes decussatus*). Larvae Associated with Mass Mortalities. *Applied and environmental microbiology*, 71 (1), 98-104.
- Hanhua H., Kunshan G. (2006) Response of growth and fatty acid compositions of *Nannochloropsis* sp. to environmental factors under elevated CO₂ concentration. *Biotechnology Letter*; 28, 987-992.
- Henriques M.H.F., Rocha J.M.S. (2007) Influence of light: dark cycle in the cellular composition of *Nannochloropsis gaditana*. In: Current topics in applied microbiology and microbial biotechnology: proceedings of the II international conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology. *World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.* London, 273-277.
- Hoshida H., Ohira T., Minematsu A., Akada R., Nishizawa Y. (2005) Accumulation of eicosapentaenoic acid in *Nannochloropsis* sp. in response to elevated CO₂ concentrations. *Journal of Applied Phycology* 17, 29-34
- Hyun J.R., Kyeong K.O., Soo Kim Y. (2009) Optimization of the influential factors for the improvement of CO₂ utilization efficiency and CO₂ mass transfer rate. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 15, 471-475.
- Lavens P., Sorgeloos P. (1996) (eds.) Manual on the production and use of live food for

- aquaculture *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 361. Rome, FAO. 295p.
- Lubián L.M. (1982) Ultraestructura y pigmentos de algunas *Chlorophyceae* y *Eustigmatophyceae* planctónicas de morfología similar. *Collectanea Botanica*. 13 (2): 873-880.
- Lubián L. M., Establier, R. (1982) Estudio comparativo de la composición de pigmentos en varias cepas de *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae). *Inv. Pesq.* 46 (3): 379-389.
- Miron A. S., Garcia M.C.C., Camacho F.G., Grima E.M., Chisti Y. (2000) Bubble-column and airlift photobioreactors for algal culture, *AIChE J.*, 46, 1872–1887.
- Miron A.S., Garcia M.C.C., Camacho F.G., Grima E.M. (2002) Growth and biochemical characterization of microalgal biomass produced in bubble column and airlift photobioreactors: studies in fed-batch culture, *Enzyme Microb. Technol.* 31, 1015-1023.
- Moffatt N.M. (1981) Survival and growth of northern anchovy larvae on low zooplankton densities as affected by the presence of a *Chlorella* bloom. *Rapport Procedures Reunion*
- Molina G.E., Fernandez A.F.G., Garcia F., Chisti Y. (1999) Photobioreactors: light regime, mass transfer, and scaleup. *Journal of Biotechnology* 70, 231–247.
- Molina G.E., Fernández J. (2001) Tubular photobioreactor design for algal cultures. *Journal of Biotechnology* 92, 113-131.
- Nakase G., Eguchi M. (2007) Analysis of bacterial communities in *Nannochloropsis* sp. cultures used for larval fish production. *Fisheries science* 73, 543-549.
- Navarro N., Yüfera M. (1998) Influence of the food ration and individual density on production efficiency of semi continuous cultures of *Brachionus* fed microalgae dry powder. *Hydrobiologia* 387/388, 483-487.
- Ramos de Ortega A., Roux J.C. (1986) Production of *Chlorella* biomass in different types of flat bioreactors in temperate zones. *Biomass* 10 (2), 141-156.
- Reitan K.I., Rainuzzo J.R., Oie G., Olsen Y. (1997) A review of the nutritional effects of algae in marine fish larvae. *Aquaculture* 155, 207-221.
- Richmond A. (2004). (Ed.) Handbook of Microalgal Culture, Blackwell, Oxford, 178–214.
- Rocha J (2003). Growth aspects of the marine microalgae *Nannochloropsis gaditana*. *Biomolecular Engineering* 20, 237-242.
- Rodríguez C., Pérez J.A., Badia P., Izquierdo M.S., Hernández-Palacios H., Lorenzo A. (1998) The n-3 highly unsaturated fatty acids requirements of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae when using an appropriate DHA/EPA ratio in the diet. *Aquaculture* 196, 9-23.
- Roncarti A., Meluzzi A., Acciarri S., Tallarico N., Melotti P. (2004) Fatty Acid Composition of Different Microalgae Strains (*Nannochloropsis* sp., *Nannochloropsis oculata*

- (Droop) Hibberd, *Nannochloris atomus* Butcher and *Isochrysis* sp.) According to the Culture Phase and the Carbon Dioxide Concentration. *Journal of the World Aquaculture Society* 35 (3), 401-411.
- Roo F.J. (2009) Improvements in the production technology of red porgy (*Pagrus pagrus*) larvae and fry: Importance of rearing conditions and diet nutritional value on their quality. PhD. Thesis. University of Las Palmas de Gran Canaria, 329 p.
- Shifrin N.S., Chisholm, S.W. (1981) Phytoplankton lipids: interspecific differences and effects of nitrate, silicate and light-dark cycles. *Journal of phycology* 17, 374-384.
- Skjermo J., Vadstein O. (1999) Techniques for microbial control in the intensive rearing of marine larvae. *Aquaculture* 177, 333-343.
- Sukenik A., Beardall J., Kromkamp J.C., Kopeky J., Masojidek J., Van Berjeijk S., Gabai S., Shaham E., Yamshon A. (2009) Photosynthetic performance of outdoor *Nannochloropsis* mass cultures under a wide range of environmental conditions. *Aquatic Microbial Ecology*. 56(2-3), 297-308.
- SOFIA (The State of World Fisheries and Aquaculture), (2008) FAO. Departamento de Pesca. Roma.
- Ugwu C.U. (2008) Photobioreactors for mass cultivation of algae. *Bioresource Technology* 99, 4021-4028.
- Vazhappilly R., Chen F. (1998) Eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid production potential of microalgae and their heterotrophic growth. *Journal of American oil chemists society*. 75 (3), 393-397

Pósteres

Mejor trabajo presentado en el III FIRMA México 2010: Primer lugar

Efecto de inmunoestimulantes de origen microbiano en el tratamiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) infectado experimentalmente con *Vibrio sinaloensis*

Flores-Miranda¹ M.C., Luna-González¹ A., Campa-Córdova² A.I., Fierro-Coronado¹ J. A.

¹CIIDIR. Unidad Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional. Blvd. Juan de Dios Batís # 250, Guasave, Sinaloa, México. CP. 81101. AP 280. Tel-Fax: 01 (687) 87 2 96 25. Correo electrónico: aluna@ipn.mx, pamela_myia@hotmail.com

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Introducción

Debido a la sobreexplotación de las poblaciones naturales de camarón, durante las últimas décadas la camaronicultura se ha incrementado. Sin embargo, el cultivo de camarón frecuentemente se ha visto obstaculizado por epizootias. A nivel mundial, los virus son responsabilizados por las grandes pérdidas en el cultivo de camarón. Sin embargo, existen otro tipo de patógenos como *Vibrio* spp. que también producen pérdidas importantes en la producción (Goarant *et al.*, 2006). En el presente trabajo de investigación, se evaluó el efecto de una mezcla inmunoestimulante (MI) compuesta por 4 bacterias ácido lácticas y una levadura (muertas por calor), adicionada en el alimento, contra infecciones causadas por *Vibrio sinaloensis* en *Litopenaeus vannamei*, cultivado bajo condiciones experimentales.

Métodos

En un experimento que duró 21 días, se evaluó el efecto de una mezcla inmunoestimulante (MI) en la supervivencia y parámetros inmunológicos de *L. vannamei* retado con vibrios. El inóculo consistió de una mezcla de 4 aislados, previamente caracterizados e identificados molecularmente como *Vibrio sinaloensis*. En experimentos previos se obtuvo una LD₅₀ de 8,12 x 10⁵ UFC. Los organismos fueron alimentados durante 21 días con la MI (2 x

10^6 UFC/g de alimento) a diferentes intervalos de tiempo pero la infección (LD_{50} en $40 \mu\text{L}$ de solución salina al 2,5% de NaCl) se realizó en el día 7. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: **I)** Camaronina + DO + $40 \mu\text{L}$ de solución salina (NaCl 2,5 %); **II)** Camaronina + DO + $40 \mu\text{L}$ *Vibrio* LD_{50} ; **III)** Camaronina + DO + MI (diariamente) + $40 \mu\text{L}$ *Vibrio* LD_{50} ; **IV)** Camaronina + DO + MI (cada 3 días) + $40 \mu\text{L}$ *Vibrio* LD_{50} ; **V)** Camaronina + DO + MI (cada 6 días) + $40 \mu\text{L}$ *Vibrio* LD_{50} . Los tratamientos se realizaron por triplicado en tinas de plástico con 80 L de agua de mar y aireación constante. Se colocaron 10 organismos ($8,1 \pm 1,4$ g) por tina. La limpieza de las tinas se realizó por sifoneo, cada 3 días, reponiendo el agua perdida. Adicionalmente, se realizó un recambio del 50 % de agua cada 5 días. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos (O_2 , T °C, pH y S ‰) cada 3 días. El análisis de los nutrientes (amonio, nitritos y nitratos) se realizó al inicio, a los 12 días y al final del experimento. Se registró la supervivencia al final del experimento y se tomaron muestras de hemolinfa para determinar los parámetros inmunológicos (Fig. 1). Los datos se analizaron con un ANDEVA y prueba de Tukey.

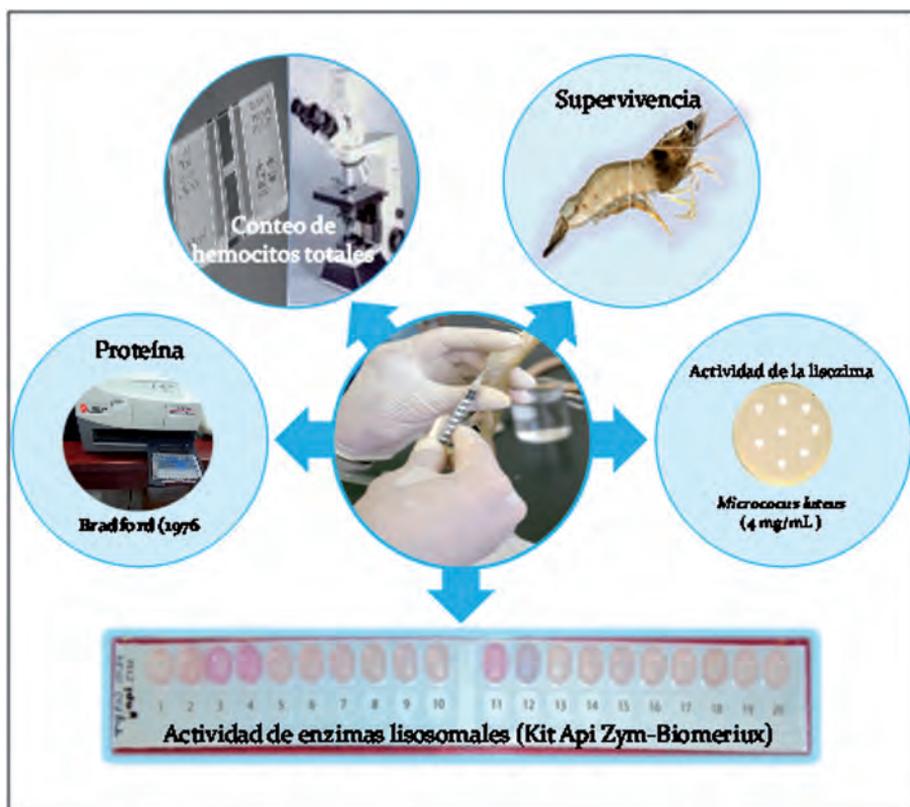


Figura 1.- Aspectos evaluados durante el bioensayo. Supervivencia y parámetros inmunológicos.

Resultados y discusión

La supervivencia en el tratamiento IV fue significativamente mayor que en el tratamiento II ($p < 0,05$). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos con la MI (Fig. 2). Coutteau *et al.* (2001) mencionan que al adicionar un inmunoestimulante comercial en el alimento, este mejoró la supervivencia de *Litopenaeus stylirostris* después de una infección experimental con *Vibrio penaeicida*. El conteo total de hemocitos en el tratamiento I fue $19,9 \times 10^6 \pm 2$; en el II, $13,8 \times 10^6 \pm 1$; en el III, $24,0 \times 10^6 \pm 3$; en el IV, $21,1 \times 10^6 \pm 3$ y en el tratamiento V, $17,6 \times 10^6 \pm 2$. En el tratamiento III, el conteo total de hemocitos fue significativamente mayor que el tratamiento II ($p < 0,05$), pero no así entre los demás tratamientos (Fig. 3). Le Moullac *et al.* (1998) mencionan que los individuos que tengan en circulación una alta cantidad de hemocitos resistirán mejor la presencia de un patógeno. Se detectó la actividad, relacionada con la proteína, de 10 enzimas hidrolíticas lisosomales, de las 19 que determina el Kit API ZYM, en plasma, y sólo 6 en el sobrenadante del lisado de hemocitos (SLH).

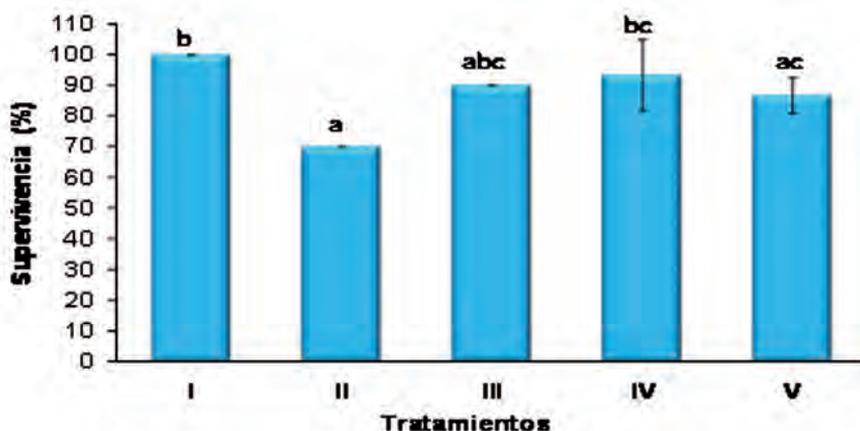


Figura 2.- Supervivencia de *Litopenaeus vannamei* alimentado con la MI y retado con *Vibrio sinaloensis*. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Las barras de error indican el promedio \pm DE.

En plasma, se determinó la actividad de 6 enzimas en los tratamientos I, II y III; 9 enzimas en el IV, y 8 en el V. En el SLH, se determinó la actividad de 6 enzimas en los tratamientos I, II, III y V. El tratamiento IV sólo presentó actividad de 5 enzimas. Peraza-Gómez *et al.* (2010) encontraron una mayor actividad enzimática en el SLH, además describen una mayor actividad de la enzimas fosfatasa ácida y N-acetyl- β -glucosaminidasa cuando el alimento se adicionó con plantas en polvo y la MI probada en este trabajo, pero con los microorganismos vivos. La actividad de la lisozima en placa se detectó sólo en los controles I y II en el plasma,

y solamente en el control II en el SLH. Los parámetros fisicoquímicos y nutrientes se mantuvieron dentro del intervalo óptimo durante el experimento (Brock *et al.*, 1994).

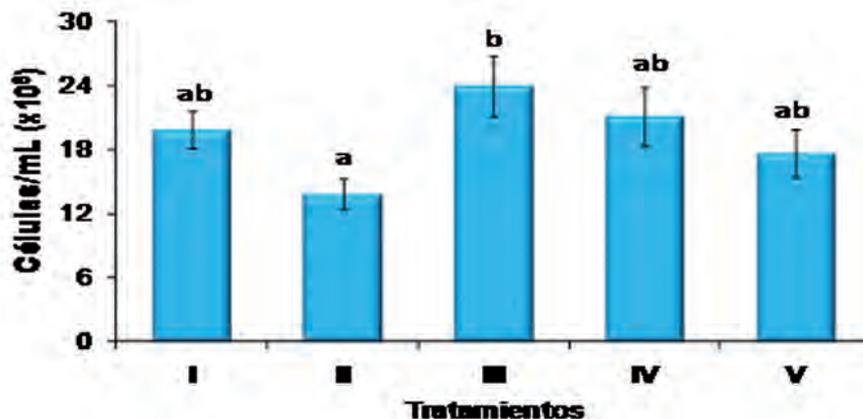


Figura 3. Conteo de hemocitos totales en *L. vannamei* alimentado con la MI y retado con *Vibrio sinaloensis*. Letras diferentes muestran diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Las barras de error indican el promedio \pm DE.

Conclusiones

La MI administrada cada 3 días mejoró significativamente la supervivencia de los camarones infectados con vibrios. La mezcla de microorganismos (muertos por calor) causó una inmunostimulación en *Litopenaeus vannamei* dada por el incremento en el número total de hemocitos, cuando fueron alimentados diariamente con ella.

El alimento con la MI se debe administrar cada tres días para mejorar la supervivencia y no agotar el sistema inmune.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología y a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN) por el financiamiento otorgado. Además, se agradece al CONACYT por la beca para estudios de maestría CVU 269832.

Referencias

- Brock, J., Main K.L. 1994. *A guide to the common problems and diseases of cultured Penaeus vannamei*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 242 pp.
- Coutteau P., Ceulemans S., Chim L., Saulnier D., Lemaire P. 2001. Improved nutrition enhances immune competence, disease resistance in penaeid shrimp. *Global Aquaculture Advocate*, 4(5).
- Goarant C., Reynaud Y., Ansquer D., Decker S.; Saulnier D., Le Roux F. 2006. Molecular epidemiology of *Vibrio nigripulchritudo*, a pathogen of cultured penaeid shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) in New Caledonia. *Systematic and Applied Microbiology* 29: 570-580.
- Le Moullac G., De Laborie L.P., Saulnier D., Goarant C., Dehasque M. 1998. Principles and problems involved in the evaluation of immunostimulants on juvenile shrimp. En: R.C. Cerecedo; B.M. Claudia; J. Pérez-Estrada; L.E. Suarez, M.D. Ricque (eds). Avances de Nutrición Acuícola. *Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, La Paz, B.S.C, México 1-12.
- Peraza-Gómez V., Luna-González A., Campa-Cordova A.I., Fierro-Coronado J.A., González-Ocampo H.A., Sainz-Hernández J.C. 2010. Dietary microorganism and plant effects on the survival and immune response of *Litopenaeus vannamei* challenged with the white spot syndrome virus. *Aquaculture Research* (En prensa).



Efecto de inmunostimulantes de origen microbiano en el tratamiento de camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) infectado experimentalmente con *Vibrio sinaloensis*

Flores-Miranda, Ma. del Carmen¹; Luna-González, Antonio¹; Campa-Córdova, Ángel Isidro²; Fierro-Coronado, Jesús Arturo¹

¹ CIIDIR, Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Blvd. Juan de Dios Bátiz Paredes 250, Guasave, Sinaloa, CP, 81101 Tel-Fax (687)8729625 Ext. 87645
Correo electrónico: ajuna@con.ro, pamela_mvva@hotmail.com

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.



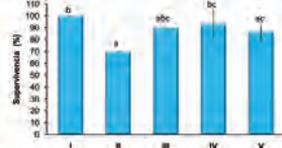
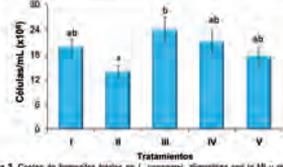
Introducción

Debido a la sobreexplotación de las poblaciones naturales de camarón, durante las últimas décadas la camaronicultura se ha incrementado. Sin embargo, el cultivo de camarón frecuentemente se ha visto obstaculizado por epizootias. A nivel mundial, los virus son responsables por las grandes pérdidas en el cultivo de camarón. Sin embargo, existen otro tipo de patógenos como *Vibrio* spp. que también producen pérdidas importantes en la producción⁽¹⁾. En el presente trabajo de investigación, se evaluó el efecto de una mezcla inmunostimulante (MI) compuesta por 4 bacterias ácido lácticas y una levadura (muertes por calor), adicionada en el alimento, contra infecciones causadas por *Vibrio sinaloensis* en *Litopenaeus vannamei*, cultivado bajo condiciones experimentales.

Metodología

En un experimento que duró 21 días, se evaluó el efecto de una mezcla inmunostimulante (MI) en la supervivencia y parámetros inmunológicos de *L. vannamei* retado con *Vibrio*. El inóculo consistió de una mezcla de 4 aislados, previamente caracterizados e identificados molecularmente como *Vibrio sinaloensis*. En experimentos previos se obtuvo una LD₅₀ de 8.12 x 10⁶ UFC. Los organismos fueron alimentados durante 21 días con la MI (2 x 10⁶ UFC/d de alimento) a diferentes intervalos de tiempo pero la infección (LD₅₀ en 40 µL de solución salina al 2.5% de NaCl) se realizó en el día 7. Los tratamientos quedaron de la siguiente manera: I) Camaronina + DO + 40 µL de solución salina (NaCl 2.5 %); II) Camaronina + DO + 40 µL Vibrio LD₅₀; III) Camaronina + DO + MI (diariamente) + 40 µL Vibrio LD₅₀; IV) Camaronina + DO + MI (cada 3 días) + 40 µL Vibrio LD₅₀; V) Camaronina + DO + MI (cada 6 días) + 40 µL Vibrio LD₅₀. Los tratamientos se realizaron por triplicado en líneas de plástico con 80 L de agua de mar y aereación constante. Se colocaron 10 organismos (8.1 ± 1.4 g) por línea. La limpieza de las líneas se realizó por sílano, cada 3 días, reponiendo el agua perdida. Adicionalmente, se realizó un recambio del 50 % de agua cada 5 días. Se determinaron los parámetros fisicoquímicos (O₂, T °C, pH y S %) cada 3 días. El análisis de los nutrientes (amonio, nitrato y nitrato) se realizó al inicio, a los 12 días y al final del experimento. Se registró la supervivencia al final del experimento y se tomaron muestras de hemolinfa para determinar los parámetros inmunológicos (Fig. 1). Los datos se analizaron con un ANDEVA y prueba de Tukey.

En plasma, se determinó la actividad de 6 enzimas en los tratamientos I, II y III; 9 enzimas en el IV, y 8 en el V. En el SLH, se determinó la actividad de 5 enzimas en los tratamientos I, II, III y V. El tratamiento IV solo presentó actividad de 5 enzimas. Pérez-Gómez et al. (2010)⁽⁸⁾ encuentran una mayor actividad enzimática en el SLH, además describen una mayor actividad de las enzimas fosfatasa ácida y N-acetil-β-D-glucosaminidasa cuando el alimento se adicionó con plantas en polvo y la MI probada en este trabajo, pero con los microorganismos vivos. La actividad de la lisozima en placa se detectó sólo en los controles I y II en el plasma, y solamente en el control II en el SLH. Los parámetros fisicoquímicos y nutrientes se mantuvieron dentro del intervalo óptimo durante el experimento⁽⁸⁾.

Resultados y discusión

La supervivencia en el tratamiento IV fue significativamente mayor que en el tratamiento II (p<0.05). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos con la MI (Fig. 2). Couteu et al. (2001)⁽²⁾ mencionan que al adicionar un inmunostimulante comercial en el alimento, este mejoró la supervivencia de *Litopenaeus stylirostris* después de una infección experimental con *Vibrio parvulus*. El conteo total de hemocitos en el tratamiento I fue 19.9 x 10⁶ ± 2; en el II, 13.8 x 10⁶ ± 1; en el III, 24.0 x 10⁶ ± 3; en el IV, 21.1 x 10⁶ ± 3 y en el tratamiento V, 17.6 x 10⁶ ± 2. En el tratamiento III, el conteo total de hemocitos fue significativamente mayor que el tratamiento II (p<0.05), pero no así entre los demás tratamientos (Fig. 3). Le Moullac et al. (1988)⁽⁷⁾ mencionan que los individuos que tengan en circulación una alta cantidad de hemocitos resistirán mejor la presencia de un patógeno. Se detectó la actividad, relacionada con la proteína, de 10 enzimas hidrolíticas lisosomales, de las 19 que determina el KI API ZYM, en plasma, y sólo 6 en el supernatante del lavado de hemocitos (SLH).

Conclusiones

La MI administrada cada 3 días mejoró significativamente la supervivencia de los camarones infectados con vibrios. La mezcla de microorganismos (muertos por calor) causó una inmunostimulación en *Litopenaeus vannamei* dada por el incremento en el número total de hemocitos, cuando fueron alimentados diariamente con ella. El alimento con la MI se debe administrar cada tres días para mejorar la supervivencia y no agotar el sistema inmune.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología y a la Secretaría de Investigación y Posgrado del Instituto Politécnico Nacional (SIP-IPN) por el financiamiento otorgado. Además, se agradece al CONACYT por la beca para estudios de maestría CVU 268832.

Referencias

1. Gourent C, Y. Reynaud, D. Anquez, S. Decker, D. Sautier y F. Le Roux. 2005. Molecular epidemiology of *Vibrio anguillarum*, a pathogen of cultured penaeid shrimp (*Litopenaeus setiferus*) in Baja California, Systematic and Applied Microbiology 29, 570-580.
2. Couteu, P., S. Desmarais, L. Gauthier, D. Sautier y P. Lemais. 2001. Improved nutrition enhances immune components, disease resistance to penaeid shrimp. Global Aquaculture Advocate 3(1): 3.
3. Le Moullac, G., J. P. Latorre, D. Sautier, C. Gourent y M. Dehaque. 1998. Principles and problems involved in the evaluation of immunostimulants on juvenile shrimp. En: R.C. Cercado, B.M. Clavero, J. Pérez-Coronado, L.E. Suarez & M.D. Riquelme (eds). Avances de Nutrición Acuicola. Memorias del IV simposium internacional de Nutrición Acuicola. La Paz, B.S.C, México 1-12.
4. Pérez-Gómez, J., A. Luján-González, A.L. Campa-Córdova, J.A. Fierro-Coronado, H.A. González-Camero y J.C. Sazo-Hernández. 2008. Dietary microorganism and plant effects on the survival and tissue response of *Litopenaeus vannamei* challenged with the white spot syndrome virus. *Aquaculture Research* (En prensa).
5. Brock, J. y R.L. Mett. 1994. A guide to the shrimp production and diseases of cultured Penaeid vannamei. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 242 pp.

Mejor trabajo presentado en el III FIRMA México 2010: Primer lugar

Evaluación toxicológica del alga *Kappaphycus alvarezii* en la región Oriental de Venezuela

Segnini, M.I.¹, Brito L.¹, Neyra M.², D'Armas H.², Barrios J.¹

¹Laboratorio de Fisiología y Ecología Química, Dpto. Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente (UDO), Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela. E-mail: msegnini@gmail.com.

²Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, Dpto. de Química, Escuela de Ciencias, UDO.

Resumen

Kappaphycus alvarezii, es un alga roja, que fue introducida en Venezuela en 1996 con fines comerciales para la obtención de carragenina, sin información toxicológica previa. El objetivo de este trabajo es determinar la actividad de *K. alvarezii* mediante bioensayos de toxicidad en los organismos: *Daphnia magna*, nauplios de *Artemia salina* y *Litopenaeus vannamei* y la citotoxicidad en huevos de *Echinometra lucunter* y *Lytechinus variegatus*. Para esta investigación, se realizaron los respectivos muestreos del alga en los estados Sucre (Guaranache, Península de Araya, 1999) y Nueva Esparta (El Guamache, en la isla de Margarita, 2006 y Noreste de la isla de Cubagua, 2009). El material vegetal recolectado se lavó, deshidrató y pulverizó mecánicamente. Posteriormente, los constituyentes químicos fueron extraídos exhaustivamente con éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo y metanol. Luego, se realizó un análisis químico para determinar las familias de metabolitos secundarios presentes en los extractos. Para los bioensayos con los crustáceos: se colocaron simultáneamente, por separado, 10 organismos de *D. magna*, 10 nauplios de *A. salina* y 5 PL₅ de *L. vannamei*; en envases de vidrio de 10 ml de capacidad. Se utilizaron cinco concentraciones del extracto: 1000, 100, 10, 1 y 0,1 µg/ml, tres réplicas y un control/especie/concentración. Al cabo de 24 horas para los dos primeros crustáceos y 96 horas para *L. vannamei* se contó el número de individuos muertos en cada uno de los bioensayos. Los datos obtenidos se analizaron por el método Probit, y se determinó la concentración letal media (CL₅₀). Para el erizo de mar, las

concentraciones fueron 10, 25, 50, 125, 250, y 500 µg/ml y se evaluó la formación o no de la membrana de fecundación y posibles alteraciones en el desarrollo embrionario. Las pruebas químicas mostraron que los extractos presentaron esteroides insaturados, saponinas, alcaloides y triterpenos pentacíclicos. Los resultados de letalidad mostraron para *D. magna* $CL_{50} = 117,93$ µg/ml. Para *A. salina* la CL_{50} fue Guaranache > Cubagua > Guamache. Los extractos en éter de petróleo y metanol fueron los más activos en *L. Vannamei*. La citotoxicidad frente a los huevos de los erizos de mar evidenció el siguiente orden de actividad: Cubagua > Guamache > Guaranache. Se concluye que *K. alvarezii* es un alga invasora, que posee metabolitos secundarios capaces de interactuar con los sistemas bioquímicos y/o fisiológicos de otros organismos y que asimismo, estos productos naturales se han mantenido activos ó se han repotenciado desde su introducción indiscriminada en nuestras costas hasta nuestros días.

Palabras clave

Letalidad, citotoxicidad, *Kappaphycus alvarezii*, Venezuela.

Introducción

K. alvarezii (Doty) Doty ex Silva, pertenece a la División Rhodophyta, Clase Rhodophyceae, Orden Gigartinales, Familia Solieriaceae. Es una especie “exótica” (productora de kappa carragenina), originaria de Filipinas y fue introducida en Venezuela en 1996, cultivándose inicialmente en la Ensenada de Guaranache, estado Sucre, para exportar materia prima a la industria procesadora de algas, sin tomar en cuenta los riesgos que pudo haber tenido esta introducción (Rincones, Rubio, 1999; Barrios, 1999). Luego, en 1997, fue cultivada en Playa La Uva, Isla de Coche, Estado Nueva Esparta, continuando así su dispersión hasta la Isla de Margarita (Barrios, 2005). En el año 2007, el establecimiento de *K. alvarezii* en las costas de la isla de Cubagua fue detectado creciendo sobre el coral de fuego *Millepora alcicornis*. Posteriormente, una revisión *in situ* permitió observar zonas muertas de éste con evidente blanqueamiento. (Barrios *et al.*, 2007). Reportes previos han informado sobre el efecto de la invasión de *Kappaphycus spp* en zonas coralinas (Rodgers, 1997).

Las algas sintetizan gran diversidad de metabolitos secundarios también llamados productos naturales. La habilidad para sintetizar cualquier cantidad de metabolitos secundarios que puedan repeler o atraer otros organismos ha evolucionado como una estrategia de supervivencia de los seres vivos (Butler, 2005). El estudio de los productos naturales, derivados de las algas es muy escaso, a pesar de que ellas conforman una rica fuente de moléculas bioactivas que han resultado ser diferentes de aquellas obtenidas a partir de las plantas terrestres (Faulkner, 1992). En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la toxicidad

espacio temporal del alga *K. alvarezii*, mediante pruebas de letalidad y citotoxicidad.

Metodología

Recolección de las muestras:

Las muestras fueron recolectadas en los estados Sucre en la localidad de Guaranache, Península de Araya, en el año 1999 y Nueva Esparta en el Puerto Internacional El Guamache, en la isla de Margarita, en 2006 y en la costa Noreste de la isla Cubagua, en 2009. Posteriormente, se trasladaron a los laboratorios de Fisiología y Ecología Química del Instituto Oceanográfico de Venezuela y de Productos Naturales y Lípidos del departamento de Química, Escuela de Ciencias, UDO, respectivamente.

Obtención de los extractos y pruebas químicas:

El material de algas se lavó con abundante agua destilada, se deshidrató a temperatura ambiente y a la sombra y se pulverizó mecánicamente. Subsecuentemente, los constituyentes químicos fueron extraídos exhaustivamente con éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo y metanol. Luego, a los extractos, se les realizó un análisis químico, para determinar las familias de metabolitos secundarios de alcaloides, saponinas, esteroides insaturados, triterpenos pentacíclicos, flavonoides, polifenoles, taninos, antraquinonas y lactonas presentes en cada uno de los extractos según Marcano, Hasegawa (2002).

Pruebas biológicas

La bioactividad se comprobó mediante bioensayos de letalidad y citotoxicidad. La letalidad se determinó mediante bioensayos estáticos con *Artemia salina*, *Daphnia magna*, y larvas PL₅ de *L. vannamei*. Para la citotoxicidad se utilizaron huevos de erizos de mar de *E. lucunter* y *L. variegatus*. Los resultados para los crustáceos fueron analizados mediante el programa Stephan's (1977) y expresados como concentración letal media (CL₅₀) y para los erizos de mar se evaluó la formación o no de la membrana de fecundación y posibles alteraciones en el desarrollo embrionario.

Recolección de organismos:

Los nauplios de *A. salina* se obtuvieron de huevos de 24 horas eclosionados, los organismos de *Daphnia magna* se cultivaron en beakers de 2 l de capacidad en agua sintética dura en el laboratorio y las larvas PL₅ de *L. vannamei* fueron proporcionadas por la empresa Aquamarina de la Costa, ubicada en Santa Fe, estado Sucre. Para los bioensayos se utilizaron 250 individuos de los braquiópodos y 75 larvas PL₅. Los gametos de los erizos de mar (*E. lucunter* y *L. variegatus*) se obtuvieron por estimulación química de ejemplares adultos de

ambos sexos colectados en la ensenada de Turpialito, Edo. Sucre. Seguidamente, se lavaron las células femeninas (óvulos) y se concentraron en envases de 200 ml, y los gametos masculinos (espermatozoides) en envases de 100 ml.

Preparación de los bioensayos:

Los extractos (50 mg) fueron disueltos en 4,5 ml de agua destilada con 0,5 ml de DMSO para obtener una solución madre de 10000 mg/l, de la cual se prepararon soluciones seriadas de exposición de 1000, 100, 10, 1 y 0,1 mg/l en viales de vidrio con volumen final de 10 ml, para los crustáceos y para los erizos las soluciones de exposición fueron de 500, 250, 125, 75 y 10 mg/l, en envases de vidrio para un volumen final de 2 ml. A cada una de las concentraciones se le añadió la misma cantidad de gametos masculinos: 1 ml, femeninos: 1,8 ml y cierto volumen de agua de mar filtrada cuando fuese necesaria para ajustar el volumen final. Se prepararon tres réplicas/concentración/especie y se utilizaron dos controles, uno sin DMSO y otro con DMSO. Los bioensayos estáticos se mantuvieron, en condiciones de laboratorio, por espacio de 24 horas para *A. salina*, *D. magna* y los erizos, y 96 horas para las larvas PL₅ de *L. vannamei*. Éstas últimas fueron alimentadas diariamente con nauplios de *Artemia franciscana* recién eclosionados.

Resultados y discusión

El estudio fitoquímico, realizado a los diferentes extractos para determinar la presencia de los metabolitos secundarios se encuentra resumido en la tabla I, resultando no detectable la presencia de antraquinonas, glicósidos cardiotónicos, glicósidos cianogénicos, taninos y polifenoles. Es importante destacar que la ausencia de una familia de compuestos en un extracto dado, mediante la aplicación de una determinada prueba fitoquímica, no es suficiente para negar su presencia, porque quizás las pruebas de detección aplicadas no fueron las más adecuadas o simplemente que la concentración del metabolito secundario no fue lo suficientemente alta en la especie o bien porque el método de extracción no era el más indicado Marcano, Hasegawa (2002).

Tabla I.- Pruebas químicas realizadas a los extractos de *K. alvarezii* en los tres sitios de muestreo.

Localidad	CUBAGUA				GUARANACHE				EL GUAMACHE		
Extractos	EtOAc	EP	CHCl ₃	MeOH	EtOAc	CHCl ₃	MeOH	EtOAc	CHCl ₃	MeOH	
Metabolitos											
Alcaloides	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	
Esteroles Insaturados	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Saponinas	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
Triterpenos pentacíclicos	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	

Extractos de éter de petróleo (EP), metanol (MeOH), cloroformo (CHCl₃) y acetato de etilo (EtOAc). (-) No detectado, (+) Presente.

Las respuestas de las pruebas realizadas con *A. salina* (Tabla II) a los extractos en EtOAc y con MeOH provenientes del alga colectada en Cubagua y Guaranache superaron la escala de valores propuesta por Meyer *et al.* (1982) evidenciando posible actividad anticancerígena. Las fracciones en cloroformo presentaron aproximadamente la misma actividad siendo de localidades diferentes y colectadas con cuatro años de diferencia, es decir conservó la toxicidad. La CL₅₀ metanólica mostró un valor letal significativo, y si observamos que fue letal frente a *D. magna* se puede decir que es el extracto más tóxico.

Tabla II.- Concentración letal media (CL₅₀) obtenida para los extractos de *K. alvarezii* frente a las especies *Artemia salina* y *Daphnia magna* en las zonas de muestreo

Localidad	GUARANACHE		EL GUAMACHE	CUBAGUA
Organismos				
Extractos	<i>D. magna</i>	<i>A. salina</i>	<i>A. salina</i>	<i>A. salina</i>
CHCl ₃	>1.000	>1.000	599,16	461,82
MeOH	117,93	5,53	>>1.000	152,88
EtOAc,	>1.000	>1.000	361,45	6,85
EP	-	-	-	363,89
DMSO	>>1.000	>>1.000	>>1.000	>>1.000

Dimetilsulfóxido (DMSO), éter de petróleo (EP), metanol (MeOH), cloroformo (CHCl₃) y acetato de etilo (EtOAc). Concentración letal media (CL₅₀ µg/ml) mayor que (>), mucho mayor que (>>).

Los resultados de letalidad para el *L. vannamei* se muestran en la tabla III. Se determinó que existe actividad biológica para todos los extractos si el CL_{50} es menor de 1000 mg/l, siendo más activos los extractos en metanol y éter de petróleo por obtener una concentración letal media frente al camarón ensayado menor de 50 mg/l.

Tabla III.- Concentración letal media de los extractos de *K. alvarezii*, colectada en la isla de Cubagua, frente al camarón *L. vannamei*.

Extracto	LC_{50}	IC 95%	Método
MeOH	49,5 mg/L	(18,73 - 127,43)	Probit
EP	29,16 mg/L	(5,54 - 84,93)	Probit
$HCCl_3$	134,74 mg/L	(50,75 - 421,13)	Moving Average
EtOAc	208,98 mg/L	(86,68 - 858,40)	Logit

Éter de petróleo (EP), metanol (MeOH), cloroformo ($CHCl_3$) y acetato de etilo (EtOAc). Concentración letal media (CL_{50} μ g/ml), IC intervalo de confianza.

Los efectos para la citotoxicidad frente al erizo de mar verde se observa en la Fig. 1. Se evidencian las diferentes etapas del desarrollo embrionario del erizo de mar *L. variegatus*, expuesto a los extractos de *K. alvarezii* colectada en El Guamache. Éstas muestran la presencia de huevos no fertilizados y fertilizados (presencia de la membrana de fecundación), y en división de 2, 4, 8 y 16 blastómeras. En este ensayo no se observaron divisiones de más de 16 blastómeras ni anomalías durante el proceso de división celular, lo cual fue corroborado con el control.

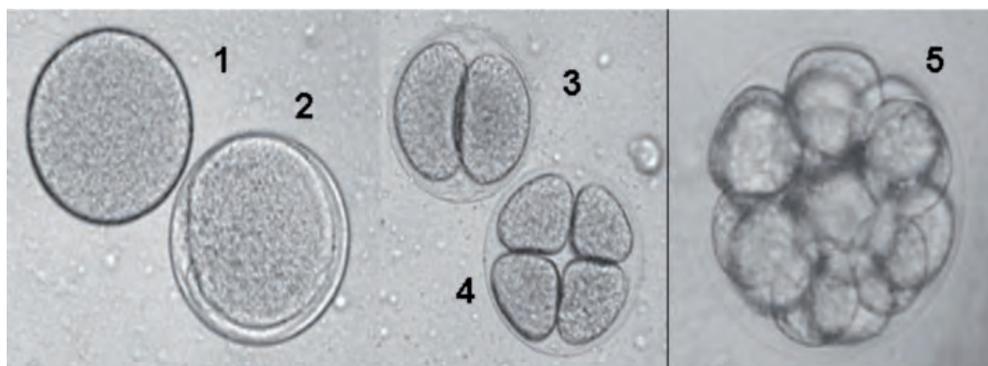


Figura 1.- Desarrollo temprano del erizo de mar *L. variegatus*, tratado con el extracto de *Kappaphycus alvarezii* colectada en El Guamache. Se muestra óvulo no fertilizado (1), cigoto (2), división en 2 blastómeras (3), 4 blastómeras (4) y 16 blastómeras (5). Nótese el proceso normal de segmentación.

El erizo, *E. lucunter* fue expuesto a los extractos de *K. alvarezii* colectada en la costa noreste de la Isla de Cubagua. Los resultados se pueden observar en la Fig. 2. La toxicidad del alga procedente de Cubagua permitió la formación del cigoto, pero a través de la división celular se observaron muy pocas células con blastómeras pareadas. Pareciera que los extractos procedentes de la costa noreste de Cubagua tuvieran acción en los tiempos de sincronización de la división celular, ya que se observaron tres blastómeras en lugar de cuatro, por ejemplo, o células con blastómeras de diferentes densidades ópticas, indicando diferentes actividades fisiológicas, etc.

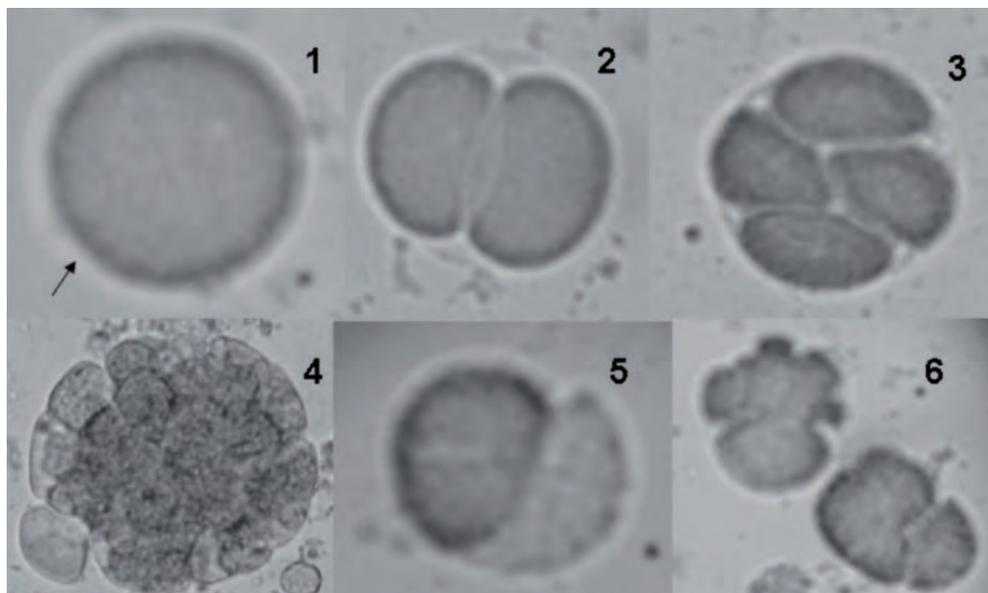


Figura 2.- Desarrollo embrionario de *E. lucunter*, tratado con el extracto de *Kappaphycus alvarezii* colectada en Cubagua. Se muestra el cigoto (1) con membrana de fecundación (flecha), división en 2 blastómeras (2), 4 blastómeras (3) y alteraciones de la división celular (4-6). Nótese: el efecto del extracto en la blástula (4); blastómeras de diferentes densidades ópticas (5) y la no sincronización en el proceso de segmentación (6).

La actividad citotóxica-antimitótica de un compuesto se basa en la capacidad que tiene éste para dañar o causar la muerte directa a una célula (citotoxicidad) o indirectamente inhibiendo y/o retrasando las divisiones mitóticas que tienen lugar en una célula inducida (e.g. un ovulo fertilizado). Probablemente, fue lo que ocurrió en el caso de los extractos obtenidos del alga colectada en El Guamache y probados en los huevos de *L. variegatus* y, la antimitosicidad como ocurrió con los extractos provenientes de *K. alvarezii* colectada en Cubagua cuando fueron expuestos a los huevos de *E. lucunter* (Díaz *et al.* 2006).

Conclusiones

K. alvarezii es un alga invasora, que posee metabolitos secundarios capaces de interactuar con los sistemas bioquímicos y/o fisiológicos de otros organismos. Asimismo, estos productos naturales se han mantenido activos y repotenciado en el tiempo desde su introducción indiscriminada en nuestras costas hasta nuestros días. Los resultados de este trabajo son los primeros reportes hechos en Venezuela sobre la toxicidad de esta especie.

Agradecimiento

Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente y al CDCH de la Universidad Central de Venezuela por el soporte económico para esta investigación.

Referencias

- Barrios J. 1999. La introducción de *Eucheuma denticulatum* y *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta) en Venezuela: una revisión crítica. *FONTUS* 4: 135-153.
- Barrios J. 2005. Dispersión del alga exótica *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta) en la región nororiental de Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 44: 29-34.
- Barrios J., Bolaños J., López R. 2007. Blanqueamiento de arrecifes coralinos por la invasión de *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta) en la isla de Cubagua, estado Nueva Esparta, Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 46 (2): 147-152.
- Butler M.S. 2005. Natural products to drugs: natural products derived compounds in clinical trials. *Natural Products Reports*, 22: 162 - 195.
- Díaz M., Bula-Meyer G., Zea S., Martínez A. 2006. Ensayos de actividad biológica y ecología química de extractos orgánicos de macroalgas del Caribe Colombiano. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 35: 241-247.
- Faulkner D. 1992. Marine natural products: metabolites of marine algae and herbivorous marine mollusks. *Natural Products Reports*, 19: 1-48.
- Marcano D., Hasegawa M. 2002. *Fotoquímica Orgánica*. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 588 p.
- Meyer B.N., Ferrigni N.R., Putnam J.E., Jacobsen L.B., Nichols D.E., Mc Laughlin J.L. 1982. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plants constituents. *Planta Medica*, 45: 31-34.

- Rincones, R., Rubio, J. 1999. Introduction and commercial cultivation of the red alga *Eucheuma* in Venezuela for the production of phycocolloids. *World Aquaculture*, 30: 57-61.
- Rodgers S. 1997. Oahu's invasive algae. *Aliens*, 6: 10.
- Stephan C. 1977. Methods for calculating in LC50. In: American Society for Testing and Materials (ASTM). Aquatic toxicology and hazard evaluation. MEYER, F. and HAMELINK, J. (Eds.). Philadelphia. 65-84.



EVALUACIÓN TOXICOLÓGICA DEL ALGA *Kappaphycus alvarezii* EN LA REGIÓN ORIENTAL DE VENEZUELA

Segnini, M.I.¹; Brito, L.¹; Neyra, M.²; D'Armas, H.² y Barrios, J.¹

¹Laboratorio de Fisiología y Ecología Química, Dpto. Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela. E-mail: msegnini@gmail.com. ²Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, Dpto. de Química, Escuela de Ciencias, UDO.

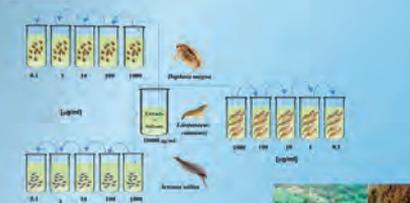
INTRODUCCIÓN

K. alvarezii (Doty) Doty ex Silva, pertenece a la División Rhodophyta, Clase Rhodophyceae, Orden Gigartinales, Familia Solieriales. Es una especie "exótica" (productora de kappa caragénina), originaria de Filipinas y fue introducida en Venezuela en 1996, cultivándose inicialmente en la Enseada de Guaraiche, estado Sucre, para exportar materia prima a la industria procesadora de algas, sin tomar en cuenta los riesgos que pudo haber tenido esta introducción. Luego, en 1997, fue cultivada en Playa La Uva, Isla de Coche, Estado Nueva Esparta, continuando así su dispersión hasta la Isla de Margarita. En el año 2007, el establecimiento de *K. alvarezii* en las costas de la Isla de Cubagua fue detectado creciendo sobre el coral de fuego *Millepora alcicornis*. Posteriormente, una revisión in situ permitió observar zonas muertas de este con evidente blanqueamiento. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la toxicidad espacio temporal del alga *K. alvarezii*, mediante pruebas de letalidad y citotoxicidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las algas se recolectaron en la zona intermareal de los estados Sucre y Nueva Esparta. Posteriormente, se lavaron, deshidrataron y pulverizaron. Luego, los constituyentes químicos fueron extraídos con éter de petróleo, cloroformo, acetato de etilo y metanol, y se los determinaron las familias de metabolitos secundarios. Para los bioensayos, se colocaron simultáneamente, por separado, 10 organismos de *D. magna*, 10 nauplios de *A. salina* y 5 da PL₂ de *L. vannamei*, en envases de vidrio a las concentraciones de 1000, 100, 10, 1 y 0,1 µg/ml con tres replicas/especial/concentración. Se contaron los organismos muertos en cada uno de los bioensayos y por el método Probit se determinó la concentración letal media. Para los erizos de mar las concentraciones fueron 10, 25, 50, 125, 250 y 500 µg/ml y se evaluó la formación o no de la membrana de fecundación y posibles alteraciones en el desarrollo embrionario.

LETALIDAD



CITOTOXICIDAD



RESULTADOS

Los resultados para las pruebas químicas positivas se muestran en la tabla 1. Los metabolitos secundarios no detectables fueron los antraquinonas, glicósidos cardíacos, glicósidos cianogénicos, taninos y polifenoles. En la tabla 2 se exponen las respuestas de la toxicidad del alga frente a los diferentes crustáceos. Las figuras 1 y 2 evidencian las diferentes etapas del desarrollo embrionario de los erizos de mar *L. variegatus* y *E. lucunter* y sus alteraciones, respectivamente.

Tabla 1 Pruebas químicas realizadas a los extractos de *K. alvarezii* en los tres sitios de muestreo.

Localidad	CURAÇAO			GUARACHIBE			ISLA DE AMARÉ		
	Éter de petróleo	Acetato de etilo	Metanol	Éter de petróleo	Acetato de etilo	Metanol	Éter de petróleo	Acetato de etilo	Metanol
Metabolitos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcaloides	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Terpenos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polifenoles	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glicósidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Extractos de: Éter de petróleo (ÉP), acetato de etilo (AcE), metanol (MeOH), cloroformo (ClCH₃) y acetato de etilo (AcE) a 1:10 (dilución 1:1) Presente.

Tabla 2 Concentración letal media (mg/L) obtenida para los extractos de *K. alvarezii* frente a las especies *Artemia salina* y *Daphnia magna* en las zonas de muestreo.

Localidad	GUARACHIBE		CURAÇAO		ISLA DE AMARÉ	
	Artemia	D. magna	Artemia	D. magna	Artemia	D. magna
Éter de petróleo	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Acetato de etilo	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Metanol	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Cloroformo	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Tabla 3 Concentración letal media de los extractos de *K. alvarezii* colectada en la Isla de Cubagua frente al camarón *L. vannamei*

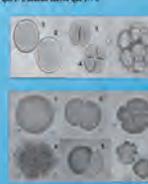
Localidad	Éter de petróleo		Acetato de etilo		Metanol	
	LC ₅₀	IC	LC ₅₀	IC	LC ₅₀	IC
Éter de petróleo	49.6	(38.7-122.3)	Probit	Probit	Probit	Probit
Acetato de etilo	23.9	(15.9-36.0)	Probit	Probit	Probit	Probit
Metanol	134.2	(107.7-163.1)	Probit	Probit	Probit	Probit

LC₅₀: Concentración letal media (mg/L); IC: Intervalo de confianza (IC); Probit: Método de probit (ÉP), acetato de etilo (AcE), metanol (MeOH), cloroformo (ClCH₃) y acetato de etilo (AcE) a 1:10 (dilución 1:1) Presente.

Tabla 4 Desarrollo temprano del erizo de mar *L. variegatus*, tratado con el extracto de *Kappaphycus alvarezii* colectada en El Guaraiche, en las zonas de muestreo.

Localidad	Éter de petróleo		Acetato de etilo		Metanol	
	LC ₅₀	IC	LC ₅₀	IC	LC ₅₀	IC
Éter de petróleo	1000	(1000-1000)	1000	(1000-1000)	1000	(1000-1000)
Acetato de etilo	1000	(1000-1000)	1000	(1000-1000)	1000	(1000-1000)
Metanol	1000	(1000-1000)	1000	(1000-1000)	1000	(1000-1000)

Tabla 5 Desarrollo embrionario de *E. lucunter*, tratado con el extracto de *K. alvarezii* colectada en Cubagua. Se muestra el cigoto (1) con membrana de fecundación (fch), división en 2 blastómeros (2), 4 blastómeros (3) y alteraciones de la división celular (4-6). Nótese el efecto del extracto en la blastula (4), blastómeros de diferentes densidades ópticas (5) y la no sincronización en el proceso de segmentación (6).



CONCLUSIONES

K. alvarezii es un alga invasora que posee metabolitos secundarios capaces de interactuar con los sistemas bioquímicos y fisiológicos de otros organismos. Asimismo, estos productos naturales se han mantenido activos y repotenciado en el tiempo desde su introducción indiscriminada en nuestras costas hasta nuestros días.

A pesar que el desarrollo embrionario se detuvo con formalina buferizada, a las 24 horas de su comienzo, el extracto del alga proveniente de El Guaraiche pareció retardar el tiempo de los procesos de segmentación del erizo; mientras que el extracto de *K. alvarezii* colectada en Cubagua aceleró tales procesos (p.e. la observación de la blastula). Esto, posiblemente, pudiera explicar los desfases de segmentación en los huevos del erizo demar.

Los resultados de este trabajo son los primeros reportes hechos en Venezuela sobre la toxicidad de esta especie.

Mejor trabajo presentado en el III FIRMA México 2010: Mención Especial

Dispersión y supervivencia de doradas (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en la isla de Gran Canaria (España): resultados preliminares

Tavares¹ D., Navarro¹ P.G., Barrio¹ J.M., Scolamacchia¹ M., Moreno¹ M., González¹ N.
¹Instituto Canario de Ciencias Marinas, Carretera de Taliarte s/n, 35200 Telde, Las Palmas, España. email: dtavares@iccm.rcanaria.es

Resumen

Los escapes de especies cultivadas son considerados un problema clave en la acuicultura marina, siendo responsables de la suelta involuntaria de cantidades desconocidas de peces de cultivo en el medio natural, posibilitando mezcla genética y/o interacciones ecológicas entre peces salvajes y escapados. Los escapes de jaulas flotantes pueden ser o masivos, en que se escapa una mayor cantidad de peces, o diarios, en que la cantidad escapada es menor. El objetivo de este estudio fue evaluar la dispersión y la supervivencia en el medio natural de doradas *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en Gran Canaria. Este experimento se realizó en 2010 en la costa este de la isla de Gran Canaria, en una zona donde existen granjas marinas, y consistió en simular un escape. Por ello, se marcaron 316 doradas procedentes de cultivos marinos con marcas tipo “espaguetti” que fueron liberadas en el medio natural en simultáneo en una zona con aproximadamente la misma profundidad y distancia de la costa que las jaulas flotantes existentes en la zona. Paralelamente, se hizo divulgación de este experimento, se solicitó la devolución de los peces marcados recapturados y se dieron recompensas a los pescadores de cara a garantizar su colaboración. Se recapturó un 9,81% de los peces marcados y durante el periodo máximo transcurrido entre la suelta y la recaptura (6 días) un 90% de las marcas se mantuvieron colocadas. Todos los pescadores eran deportivos y pescaban con caña desde la orilla, indicando que las doradas provenientes de cultivos marinos prefieren profundidades reducidas junto a la costa, donde la pesca profesional no puede actuar. La distancia mínima recorrida por los peces recapturados fue de aproximadamente 1395 m, habiendo sido todos cogidos en una esquina de una playa que está protegida del oleaje, del viento y de corrientes fuertes, indicando una posible preferencia por zonas con estas características. Todos los peces recapturados se desplazaron predominantemente en la dirección Sur, lo que podría indicar que hay un patrón de dispersión preferentemente en

ese sentido, aunque sea necesario recoger más datos para obtener conclusiones definitivas. Los ejemplares recapturados fueron pescados en dos fechas distintas, precisamente 1 y 6 días después de la suelta, lo que demuestra que las doradas procedentes de cultivos marinos presentan una capacidad de supervivencia de al menos 6 días en el medio natural. Además, todos los peces fueron pescados exactamente en el mismo sitio, lo que indica que los peces escapados podrían desplazarse a lo largo de la costa preferentemente en cardumen. La pesca deportiva parece ser un importante factor de control de los escapes.

Palabras clave

Impacto, acuicultura, escapes, marcaje-y-recaptura, Canarias.

Introducción

A pesar de sus evidentes beneficios económicos, el engorde de peces en jaulas flotantes presenta problemas ambientales (Boyra *et al.*, 2004; Vergara-Martín *et al.*, 2005) que afectan los sistemas pelágicos y bentónicos (Alongi *et al.*, 2003). Los escapes de especies cultivadas son considerados un problema clave en la acuicultura marina (CIESM, 2007), ya que son responsables de la suelta involuntaria de cantidades desconocidas de peces de cultivo en el medio natural (CIESM, 2007), posibilitando mezcla genética y/o interacciones ecológicas entre peces salvajes y escapados, o por cruzamiento o por hibridación (Youngson *et al.*, 2001). Conforme aumenta el número de jaulas, también aumenta el riesgo de que las poblaciones naturales interactúen con peces escapados (CIESM, 2007).

Los eventos de escapes pueden ser de dos tipos: 1) masivos, en que se escapa una mayor cantidad de peces y son causados por temporales fuertes que pueden romper la estructura o por sabotaje; o 2) diarios, en que la cantidad escapada es menor y son causados por mordisco de los peces, o por mantenimiento descuidado de la jaula o por la aplicación incorrecta de las técnicas de despesque (CIESM, 2007).

Actualmente hay 4 granjas marinas instaladas en la costa Este y Suroeste de la isla de Gran Canaria y se prevé la instalación de nuevas jaulas durante los próximos años. El objetivo de este experimento fue estudiar la dispersión y la supervivencia en el medio natural de las doradas *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en Gran Canaria.

Metodología

Este experimento se realizó en 2010 en la costa este de la isla de Gran Canaria (Canarias, España) (Fig. 1). Primero, se anestesiaron 316 doradas provenientes de cultivos marinos, aplicando 4 ml de aceite de clavo (previamente diluido en etanol a una proporción de 1:9) por cada 100 L de agua en el estanque durante aproximadamente 10 min (Ackerman *et al.*, 2005; Mylonas *et al.*, 2005). A continuación, se midió la longitud total (cm) y el peso (g) y se colocaron 2 marcas tipo “espaguetti” (T-bar Anchor Tags, Floy Tag©) con un código alfa-numérico (Fig. 2a) en la zona anterior y posterior de la base de la aleta dorsal de cada ejemplar (Fig. 2b). Tras el marcaje se reubicaron los peces en un estanque aparte, siendo después colocados en un nuevo estanque para ser transportados hasta el punto de suelta, que a su vez estaba localizado aproximadamente a la misma profundidad ($\approx 40\text{m}$) y distancia de la costa ($\approx 500\text{m}$) que las jaulas flotantes existentes en esa zona (Fig. 3). Por último, se simuló un escape, liberando todos los peces marcados en el medio natural en simultáneo, apuntándose las coordenadas geográficas del punto de suelta.



Figura 1.- Localización del punto de suelta y de las granjas marinas en Gran Canaria.

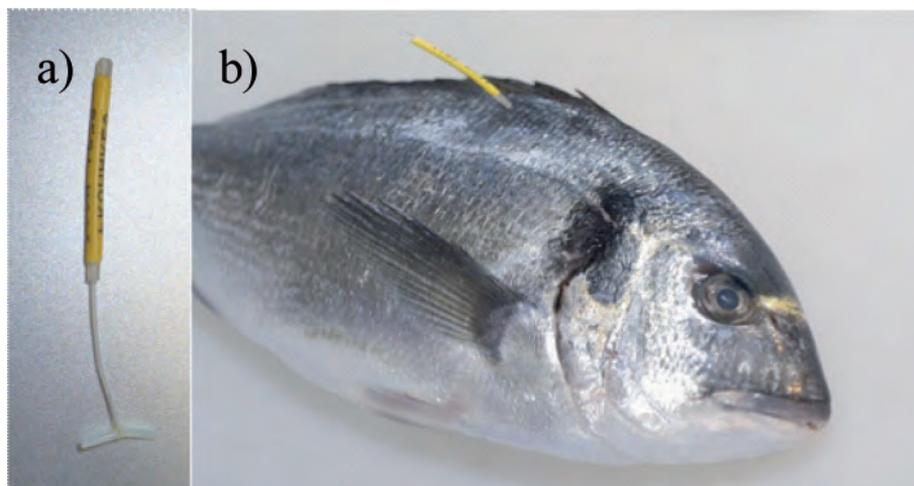


Figura 2.- Fotografía de una a) marca (T-bar Anchor Tag, Floy Tag©) y de una b) dorada marcada.

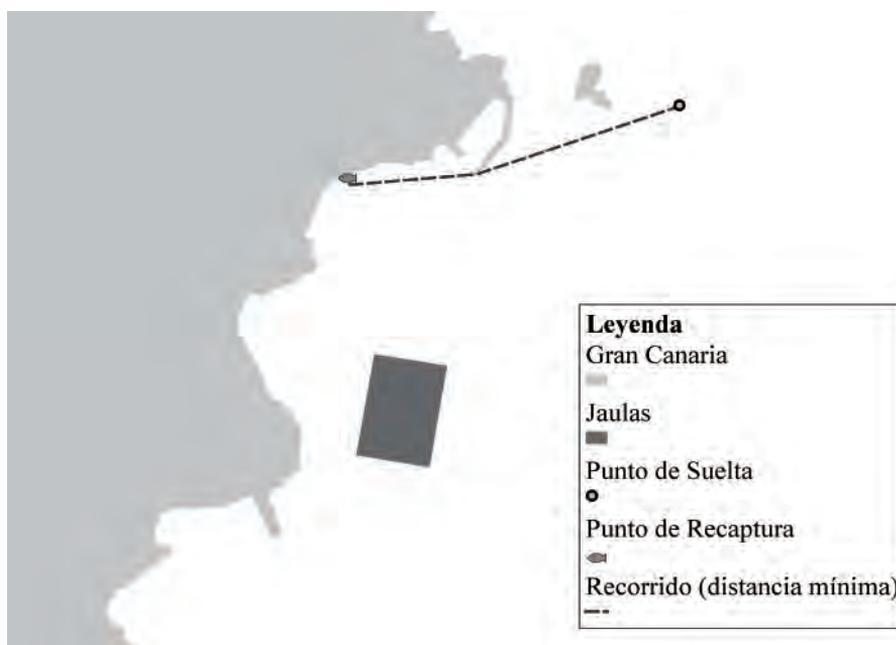


Figura 3.- Localización de los puntos de suelta y de recaptura de las dorada (*Sparus aurata*) marcadas, así como su trayecto (asumiendo la distancia mínima recorrida como la más probable).

Paralelamente, se hizo divulgación de la campaña de marcaje-y-recaptura en la que se explicó a los pescadores profesionales y deportivos los objetivos del proyecto, la metodolo-

gía aplicada, el tipo de marcas y el código usado y lo que deberían hacer los pescadores en caso de que capturasen algún pez marcado. Para garantizar la participación de los pescadores se ofrecía una recompensa por cada pez marcado, en concreto un camiseta, una pegatina y una gorra del proyecto, además de una pequeña recompensa monetaria por cada pescado recapturado. Además de la marca y del pescado, los pescadores deberían indicar la fecha y la localidad donde capturaron cada ejemplar. La divulgación de esta campaña se realizó a lo largo de toda la isla y fueron usados varios materiales de promoción, como carteles, pegatinas, tarjetas personales y una página de Internet (Fig. 4). Además, durante su labor de campo el personal del proyecto llevaba puesta una camiseta y un polo del proyecto para identificarse ante los pescadores. Para devolver los peces y las marcas los pescadores contactaban a los investigadores del proyecto a través de teléfono o correo electrónico, y elegían si entregar los ejemplares en el Instituto Canario de Ciencias Marinas o si se iba a recoger los peces, siendo las recompensas dadas personalmente en el momento de la entrega de los ejemplares recapturados.



Figura 4.- Recompensas dadas a los pescadores que colaboraron con el proyecto.

Resultados y discusión

En este estudio se marcaron 316 ejemplares de dorada, aunque solamente se usaron 622 marcas, dado que algunas se cayeron durante el transporte de los peces, probablemente por aplicación incorrecta y/o roce entre los peces en el estanque. En total se recuperaron 56 marcas que correspondían a 31 peces marcados, habiéndose perdido 6 marcas. Esto significa que se recapturó un 9,8% de los peces marcados. Los ejemplares recapturados fueron cogidos en dos fechas distintas - precisamente 1 y 6 días después de la suelta, lo que demuestra que las doradas procedentes de cultivos marinos presentan una capacidad de supervivencia de al menos 6 días en el medio natural.

Durante el periodo máximo transcurrido entre la suelta y la recaptura (6 días) un 90,3% de las marcas se mantuvieron colocadas. Sin embargo, los pescadores solamente entregaron la marca, suponiendo que no era necesario entregar el pescado. Todos los colaboradores (100%) eran pescadores deportivos con caña, indicando que las doradas oriundas de cultivos

marinos prefieren profundidades reducidas, junto a la orilla, donde la pesca profesional no puede actuar.

La distancia mínima recorrida por los peces recapturados fue de aproximadamente 1395 m, habiendo sido todos cogidos en una zona relativamente cercana al punto de suelta (Fig. 3), en una esquina de una playa que está protegida del oleaje, del viento y de corrientes fuertes, indicando una posible preferencia por zonas con estas características. Además, indica que tras escaparse los peces tienen tendencia a acercarse a la costa, recorriéndola en búsqueda de zonas para refugiarse, lo que está de acuerdo con los relatos de los pescadores deportivos.

Todos los peces recapturados (100%) se desplazaron predominantemente en la dirección Sur (con respecto a la orientación de la costa) lo que podría indicar que hay un patrón de dispersión preferentemente en ese sentido. Esto está de acuerdo con los relatos de pescadores en el ámbito de este estudio, procedentes de encuestas a pescadores y de censos visuales realizados a lo largo de la isla, que demuestran que es muy raro encontrar registros de capturas de estas especie en la costa Norte de la isla. Sin embargo, son necesarios más datos para obtener conclusiones definitivas.

Todos los peces fueron pescados exactamente en el mismo sitio (Fig. 3), lo que indica que los peces escapados podrían desplazarse a lo largo de la costa preferentemente en cardumen hasta encontrar una zona calma, manteniéndose allí durante varios días (al menos 5 días). Después, probablemente se vayan dispersando poco a poco, mientras van siendo capturados por los pescadores a lo largo del tiempo hasta extinguirse el cardumen. Esto podría ser causado por los pescadores deportivos que al descubrir un banco de peces escapados los atraen tirándoles pienso para mantenerlos en la misma zona.

Por último, dado que a partir de un determinado momento los pescadores dejaron de entregar marcas, se puede deducir que todos o casi todos los peces marcados fueron pescados o depredados, aunque la primera hipótesis sea la más probable debido a las características de la zona. Esto podría significar que la pesca deportiva es un importante factor de control de los escapes, pudiendo eliminar un gran porcentaje de los peces escapados del medio natural.

Agradecimientos

A ADSA - Alevines y Doradas por haber cedido las doradas. A los pescadores de la cofradía de Melenara por dar asistencia en el transporte de los peces. A los pescadores deportivos por colaborar. Este trabajo está financiado por los Planes Nacionales de Cultivos Marinos (JACUMAR) de la Secretaría General del Mar (SGM) del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).

Referencias

- Ackerman P.A., Morgan J.D. & Iwama J.K. 2005. Anesthetics - Appendix to CCAC guidelines on: the care and use of fish in research, teaching and testing. Canadian Council on Animal Care: Ottawa CA, [Available electronically at http://www.ccac.ca/en/CCAC_Programs/Guidelines_Policies/GDLINES/Fish/Fish2520Anesthetics2520-2520ENG.pdf (accessed June 2007).
- Alongi D.M., Chong V.C., Dixon P., Sasekumar A. & Tirendi F. 2003. The influence of fish cage culture on pelagic carbon flow and water chemistry in tidally dominated mangrove estuaries of Peninsular Malaysia. *Marine Environmental Research* 55: 313–333.
- Boyra A., Sánchez-Jerez P., Tuya F., Espino F. & Haroun R. 2004. Attraction of wild coastal fishes to an Atlantic subtropical cage fish farms, Gran Canaria, Canary Islands. *Environmental Biology of Fishes* 70: 393–401.
- CIESM 2007. Impact of mariculture on coastal ecosystems. Ciesm Workshop Monographs 32, Monaco <www.ciesm.org/online/monographs/lisboa07>
- Mylonas C, Cardinaletti G., Sigelaki, I. & Polzonetti-Magni A. 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperatures. *Aquaculture*. 246: 467 – 481
- Vergara-Martín J.M., Haroun-Tabrue R., González-Henríquez M.N., Molina-Domínguez L., Briz-Miquel M.O., Boyra-López A., Gutiérrez-Martínez de Marañón L. & Ballesta-Méndez A. 2005. Evaluación de Impacto Ambiental de Acuicultura en Jaulas en Canarias. Oceanográfica. Telde: 110p.
- Youngson A.F., Dosdat A., Saroglia M. & Jordan W.C. 2001. Genetic interaction between marine finfish species in European aquaculture and wild conspecies. *Journal of Applied Ichthyology*, 17 (4): 153-162.

Dispersión y supervivencia de doradas (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en la isla de Gran Canaria (España): resultados preliminares

Diogo Tavares
 @diogotavares
 Maria Scolamacchia
 Mauricio Moreno Alva
 Pablo G. Navarro
 Juan M. Barrio
 Nieves González

Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM)
 Agencia Canaria de Investigación, Innovación y Sociedad de la Información (ACISI)
 Carretera de Tánarfe s/n • 35200 Tede • Las Palmas • Canarias • España • Telf: (+34) 928 13 29 00 • Fax: (+34) 928 13 29 00

Resumen

Los escapes de especies autóctonas responsables de la suelta involuntaria de cantidades desconocidas de peces en el medio natural, posibilitando mezcla genética y/o interacciones ecológicas entre peces salvajes y escapados. El objetivo de este estudio fue evaluar la dispersión y la supervivencia en el medio natural de doradas *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en Gran Canaria. Este experimento se realizó en 2010 en la costa este de la isla y consistió en simular un escape. Por ello, se marcaron 316 doradas procedentes de cultivos marinos con marcas tipo "espagueti" que fueron liberadas en el medio natural en simultáneo en una zona con aproximadamente la misma profundidad y distancia de la costa que las jaulas flotantes existentes en la zona. Paralelamente, se hizo divulgación de este experimento, se solicitó la devolución de los peces marcados recapturados y se dieron recompensas a los pescadores de cara a garantizar su colaboración. Se recapturó un 9,81% de los peces marcados. Los ejemplares recapturados fueron pesados en dos fechas distintas -precisamente 1 y 6 días después de la suelta-, lo que demuestra que las doradas procedentes de cultivos marinos presentan una capacidad de supervivencia de al menos 6 días en el medio natural. Durante el periodo máximo transcurrido entre la suelta y la recaptura (6 días) un 90% de las marcas se mantuvieron colocadas. Además, todos los peces fueron pesados exactamente en el mismo sitio, lo que indica que los peces escapados podrían desplazarse a lo largo de la costa preferentemente en cardumen. Todos los pescadores eran deportivos y pescaban con caña desde la orilla, indicando que las doradas provenientes de cultivos marinos prefieren profundidades reducidas junto a la costa, donde la pesca profesional no puede actuar. La distancia mínima recorrida por los peces recapturados fue de aproximadamente 1305m, habiendo sido todos cogidos en una misma zona de una playa que está protegida del oleaje, viento y corrientes, indicando una posible preferencia por zonas con estas características. Todos los peces recapturados se desplazaron predominantemente en la dirección Sur, lo que podría indicar que hay un patrón de dispersión preferentemente en ese sentido, aunque sean necesarios más datos para obtener conclusiones definitivas. La pesca deportiva parece ser un importante factor de control de los escapes.

Introducción

El engorde de peces en jaulas flotantes presenta problemas ambientales (Boyra et al., 2004; Vergara-Martín et al., 2005). Los escapes de especies son responsables de la suelta involuntaria de cantidades desconocidas de peces en el medio natural (CIESM, 2007), posibilitando mezcla genética y/o interacciones ecológicas entre peces salvajes y escapados (Youngson et al., 2001).

Los escapes pueden ser de dos tipos: 1) masivos, en que se escapa una mayor cantidad de peces y son causados por temporales fuertes que pueden romper la estructura o por sabotaje; o 2) diarios, en que la cantidad escapada es menor y son causados por mordiscos de los peces, o por mantenimiento descuidado de la jaula o por la aplicación incorrecta de las técnicas de desesque (CIESM, 2007).

El objetivo de este experimento fue estudiar la dispersión y la supervivencia en el medio natural de las doradas *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758) escapadas de jaulas flotantes en Gran Canaria.

Metodología

Este experimento se realizó en Abril del 2010 en la costa este de la isla de Gran Canaria (España) (Fig. 1).

Se anestesiaron 316 doradas provenientes de cultivos marinos con aceite de clavo (Acharman et al., 2005; Mylonas et al., 2005). Se colocaron 2 marcas tipo "espagueti" (1 bar Anchor Tag, 10y Tag) (Fig. 2) en la base de la aleta dorsal de cada ejemplar (Fig. 3). Se transportaron los peces hasta el punto de suelta, localizado aproximadamente a la misma profundidad (+40m) y distancia de la costa (<500m) que las jaulas flotantes existentes en esta zona (Fig. 1), y se simuló un escape, liberando todos los peces marcados en simultáneo.

Se hizo divulgación del proyecto (Fig. 3), se solicitó la devolución de los peces recapturados por los pescadores, y para garantizar su colaboración se ofrecía una recompensa por cada pez marcado.

Resultados y Discusión

Se recuperaron 56 marcas que correspondían a 31 peces marcados, habiéndose perdido 6 marcas (9,68%). Se recapturó un 9,81% de los peces marcados y un 10,32% de las marcas se mantuvieron colocadas. Los ejemplares recapturados fueron cogidos 1 y 6 días después de la suelta, demostrando que las doradas procedentes de cultivos marinos presentan una capacidad de supervivencia de al menos 6 días.

Todos los colaboradores eran pescadores deportivos con caña, indicando que las doradas oriundas de cultivos prefieren profundidades reducidas, junto a la costa, donde la pesca profesional no puede actuar.

La distancia mínima recorrida por los peces recapturados fue de aproximadamente 1305m, habiendo sido cogidos en una zona relativamente cercana al punto de suelta (Fig. 4), en una zona de una playa que está protegida del oleaje, viento y corrientes, indicando una posible preferencia por zonas con estas características. Además, indica que tras escaparse los peces tienen tendencia a acercarse a la costa, recorriéndola en búsqueda de zonas para refugiarse.

Todos los peces recapturados (100%) se desplazaron predominantemente en la dirección Sur (Fig. 4), lo que podría indicar que hay un patrón de dispersión preferentemente en ese sentido. Los datos en el ámbito de este estudio, procedentes de encuestas a pescadores y de censos visuales realizados a lo largo de la isla, demuestran que es muy raro encontrar registros de capturas de esta especie en la costa Norte de la isla (observación no publicada). Sin embargo, son necesarios más datos para obtener conclusiones definitivas.

Todos los peces fueron pesados en el mismo sitio (Fig. 4), lo que indica que los peces escapados podrían desplazarse a lo largo de la costa preferentemente en cardumen hasta encontrar una zona protegida, manteniéndose allí durante varios días. Dado que a parte de un determinado momento los pescadores dejaron de entregar marcas, se puede deducir que todos o casi todos los peces marcados fueron pesados. La pesca deportiva parece ser un importante factor de control de los escapes.

Agradecemos a ADISA - Alumnos y Docentes por haber cedido las doradas a los pescadores de la localidad de Maspalomas por dar asistencia en el transporte de los peces a los peceseros deportivos por colaborar. Este trabajo está financiado por los Planes Nacionales de Cultivos Marinos (ENICMAR) de la Secretaría General del Mar (SGM) del Ministerio de Medio Ambiente y Política Rural y Marina (MARM).



Referencias

Acharman, C., 2005. *El escape de peces de jaulas flotantes: causas y consecuencias*. Boletín de la Asociación Española de Acuicultura, vol. 10, pp. 1-10.
 Boyra, J., 2004. *El escape de peces de jaulas flotantes: causas y consecuencias*. Boletín de la Asociación Española de Acuicultura, vol. 9, pp. 1-10.
 CIESM, 2007. *El escape de peces de jaulas flotantes: causas y consecuencias*. Boletín de la Asociación Española de Acuicultura, vol. 12, pp. 1-10.
 Mylonas, S., 2005. *El escape de peces de jaulas flotantes: causas y consecuencias*. Boletín de la Asociación Española de Acuicultura, vol. 10, pp. 1-10.



Figura 1 Localización del punto de suelta y de los grupos mallas en Gran Canaria.



Figura 2 El marca (1 bar Anchor Tag, 10y Tag) y el diseño marcado.



Figura 3 Respuestas de difusión a los pescadores que colaboraron con el proyecto.



Figura 4 Localización de los puntos de suelta y de recaptura de los dorados (Sparus aurata) marcados, así como su distancia (distancia mínima).

Mejor trabajo presentado en el III FIRMA México 2010: Mención Especial

Diagnóstico de pesca y acuicultura de la costa norte de la península de Paria, Edo. Sucre, Venezuela

Lodeiros^{1,2} C., Moreno² A., Fajardo² R., Tomas² F., Castañeda¹ J., Graziani³ C., Arocha¹ F., Mendoza¹ J., La Barbera³ A., Noguera⁴ P., Carpio³ M., Benítez¹ A., Márquez³ A., Núñez^{1,2} M., Villarroel³ E., Vásquez³ E. y Rivas³ K.

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela

²Oficina Técnica de Cooperación-Venezuela, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo, Caracas, Venezuela

³Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Edo. Sucre, Gobierno Bolivariano del edo. Sucre, Cumaná 6101, Venezuela

^{2,4}Escuela de Ciencias Sociales, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, Venezuela

Introducción

El eje costero San Juan de las Galdonas- Don Pedro, representa una pequeña porción del Mar Caribe Sur Oriental, ubicada en la Península de Paria en el Municipio Arismendi del Est. Sucre de Venezuela y se encuentra enmarcada dentro de las zonas con mayor perspectiva de producción de hidrocarburos, específicamente de naturaleza gasífera (Fig. 1), estando en marcha uno de los proyectos más grandes de producción de hidrocarburos en América, como lo es el Proyecto Mariscal Sucre.

El presente estudio fue elaborado por la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Edo. Sucre, del Gobierno Bolivariano del Edo. Sucre (FIDAES) y la Oficina Técnica de Cooperación Venezuela (OTC), de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a petición de la Alcaldía de Arismendí del Edo. Sucre de la República Bolivariana de Venezuela, en pro del desarrollo costero de la Península de Paria.

Metodología

Además del análisis en estudios de la zona, se realizaron 3 campañas exploratorias para la toma de muestras bióticas y abióticas y análisis *in situ* de varios parámetros en 19 estaciones establecidas a lo largo del eje costero (Fig. 1), en función de determinar: batimetría, corrientes, salinidad, densidad, oxígeno, seston orgánico e inorgánico, biomasa fitoplanctónica, número y tipo de microalgas, calidad bacteriológica, análisis de vientos, precipitación y climatología, riesgos naturales, hidrografía, etc. que concluyó en un aporte a la caracterización físico-natural y oceanográfica de la zona. A parte de ello, se determinó mediante encuestas, observación *in situ* y colecta de data en las poblaciones, la validación y cuantificación de los recursos pesqueros, pesca artesanal, situación socioeconómica de los pueblos, y una percepción analítica de lugares potenciales para actividades de acuicultura.

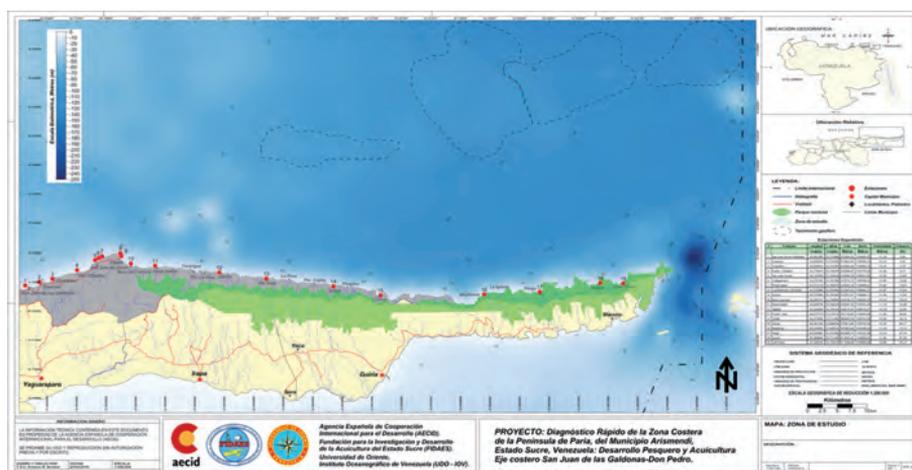


Figura 1. -Mapa de la zona de estudio mostrando las localidades y puntos de muestreo, así como los importantes los bancos gasíferos de la zona.

Resultados y discusión

Características del medio físico-natural

El análisis físico-natural y oceanográfico muestra que la zona estudiada recibe la influencia de varios agentes externos que conducen a considerar hidrografía particular, a parte de fenómenos climatológicos debido el forzamiento que impone la migración Sur-Norte de la Zona de Convergencia Intertropical y efectos locales que deja el paso de tormentas tropicales durante la así llamada temporada de huracanes, se desarrollan dos fenómenos importantes que conducen a establecer a la zona, como *una de las más ricas en nutrientes del Caribe durante todo el año*: por una parte, el efecto de la dinámica de los vientos alisios que provo-

can patrones de afloramiento costero (surgencia fácilmente demarcada por el enfriamiento del agua en el primer semestre del año, Fig. 2) y por la otra, el efecto también estacional, y no solapado con las surgencias, de descarga del río Orinoco, coadyuvado con las corrientes superficiales predominantes hacia el Noroeste (Fig. 3) y coincidentes con elevada precipitación de la zona y altas temperaturas del agua de mar (Figs. 4 y 2, respectivamente); ambos fenómenos confieren, durante el año, una presencia de nutrientes que generan una cadena trófica de elevada abundancia. En adición, la capa superficial de las aguas de la zona recibe, a través de sus corrientes hacia el Noroeste, como lo infiere la data colectada en las campañas (Fig. 3), los influjos de aguas estuarinas provenientes del Golfo de Paria, a través de Boca Dragón, y de las aguas superficiales y subsuperficiales del Océano Atlántico que ingresan a la región a través del Arco Antillano. Estos fenómenos particulares en la zona, inducen a una gran producción y consiguiente actividad pesquera, la cual soporta una significativa biomasa de la pesca total de Venezuela, y por ende una de las actividades principales en la socioeconomía de la región.

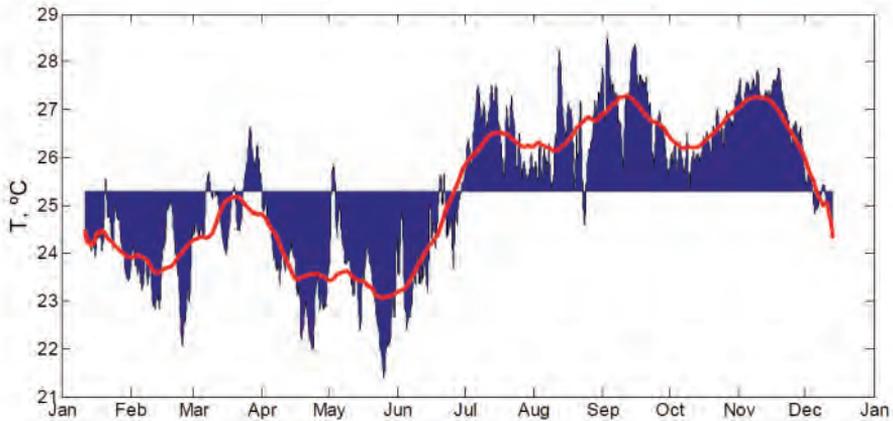


Figura 2.- Temperatura superficial en aguas costeras en la localidad de Cipara, Edo. Sucre, Venezuela, durante 2009 (coleta a partir de termógrafos electrónicos con periodicidad de medición de 30 min).

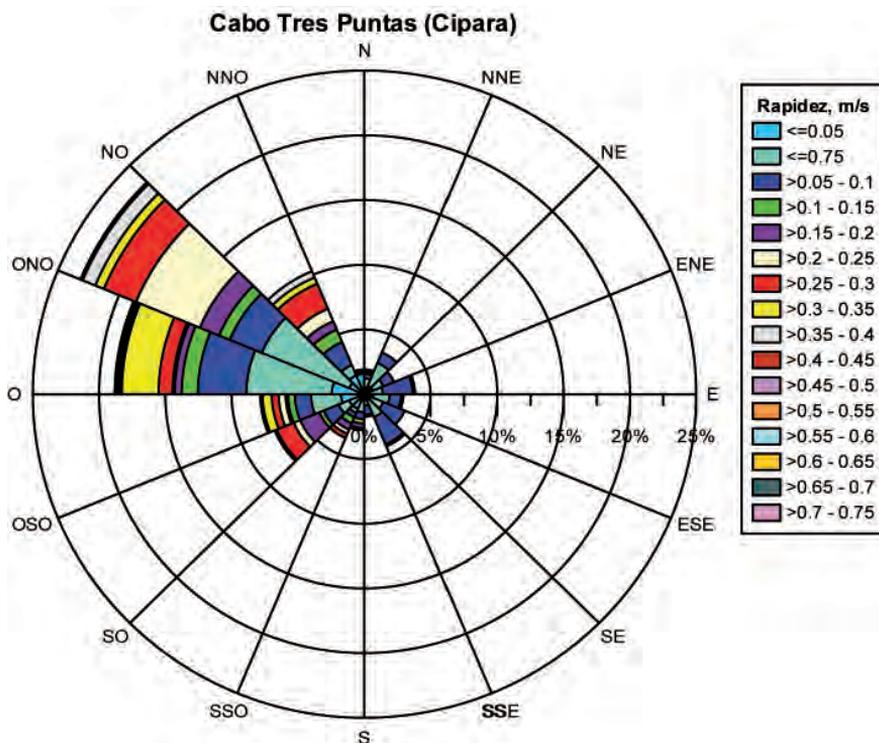


Figura 3.- Rosa de corrientes medidas en la estación de Cabo Tres Puntas, estación adyacente a la localidad de Cipara.

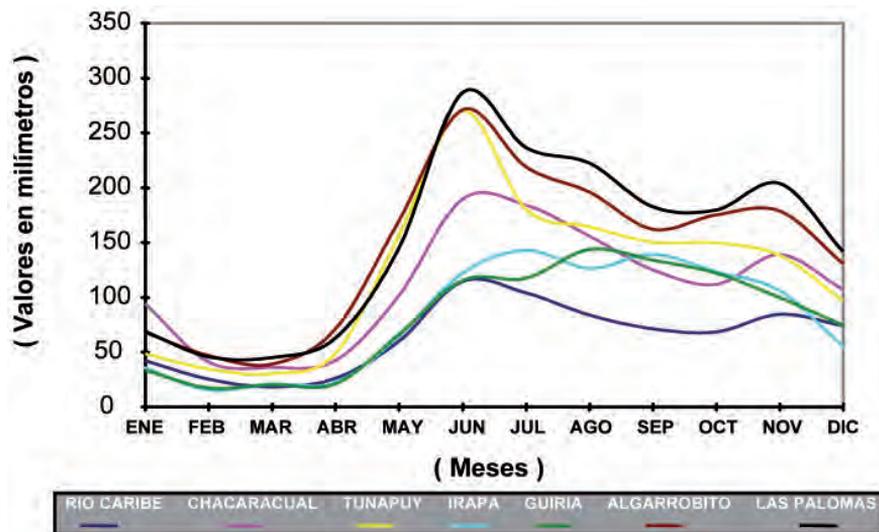


Figura 4.- Ciclo estacional de la precipitación en varias localidades de la Península de Paria, Estado Sucre, Venezuela.

Recursos pesqueros

La alta productividad primaria durante todo el año generan una base trófica que deriva en elevadas densidades y biomásas de recursos pesqueros comerciales, tanto pelágicos como demersales, así como importantes bancos de moluscos en la zona, particularmente del mejillón marrón *Perna perna* (Fig. 5). Estos bancos han sido frecuentemente explotados, siendo una actividad socio-económica adicional a las tradicionales de pesca y agricultura; sin embargo, desde el año 2004 se han visto en vías de agotamiento, por lo que se sugiere establecer estudios y estrategias de recuperación.

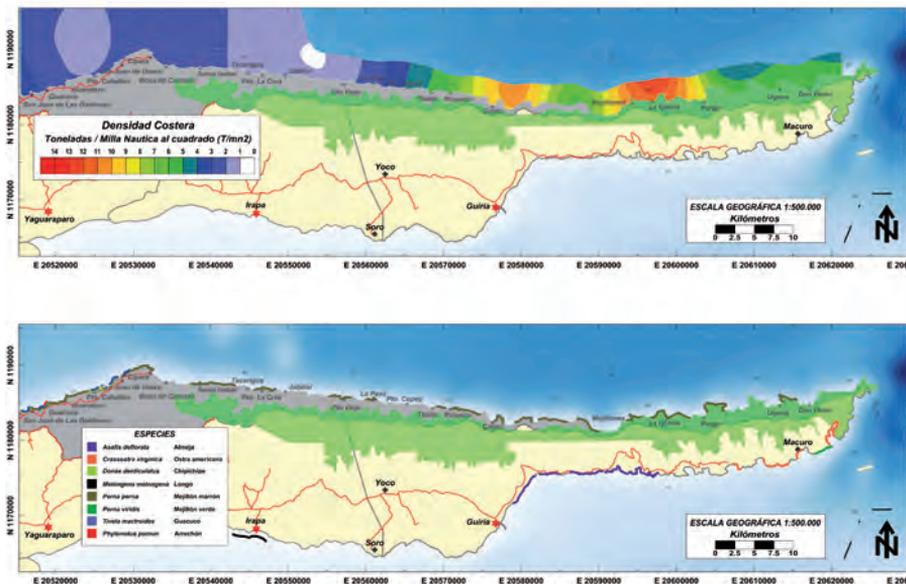


Figura 5.- Distribución espacial de la densidad promedio de peces comerciales en el área de estudio y distribución de las poblaciones de las diferentes especies de moluscos comerciales obtenida a partir de la prospección pesquera previas al estudio (Fuente CAMUDOCA 2006).

Pesca artesanal

La explotación pesquera está sustentada en un número limitado de especies, entre las que destacan el tajalí, el jurel, los cazones, la anchoa, el cataco, los pargos y los meros. La percepción general de los pescadores encuestados en el año 2003 era que la abundancia de los recursos pesqueros había estado disminuyendo; sin embargo, el presente estudio muestra que la abundancia de los principales recursos ha aumentado o se mantiene estable, lo cual coincide con los datos oficiales de desembarques en el recorte territorial que muestran un aumento significativo de la producción en el año 2009.

La pesca es básicamente artesanal, la unidad de pesca típica es el peñero, embarcación alrededor de 7 m de eslora, propulsado por un motor fuera de borda de 40 HP y con una tripulación conformada por un patrón y dos marinos. El arte de pesca más difundido es el cordel o línea de mano, adicionalmente se utilizan palangres, filetes o nasas. El número de peñeros en las 2 últimas décadas ha disminuido, alcanzando su valor mínimo en el presente estudio (2010), más no así del número de motores, el cual aumentó notablemente (Fig. 6).

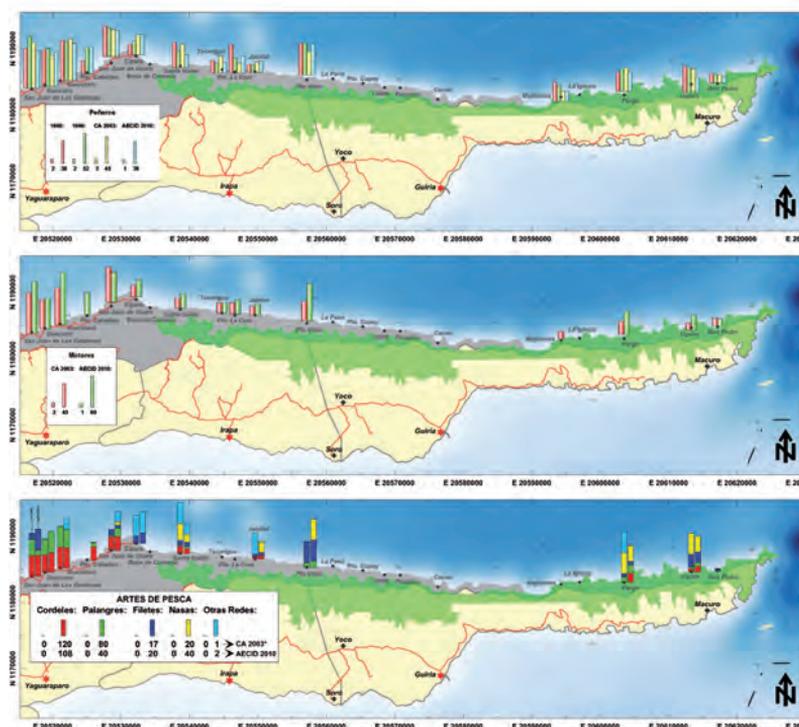


Figura 6. - Censo de embarcaciones (1980, 1990, 2003 y en el presente estudio, 2010), número de motores fuera de borda y de artes de pesca (2003 y 2010).

La infraestructura pesquera existente en el recorte territorial es sumamente limitada. Se puede considerar que solamente San Juan de las Galdonas y San Juan de Unare tienen una infraestructura más o menos adecuada en el contexto venezolano. Las mayores carencias se presentan en las comunidades que no poseen conexión por vía terrestre con el resto del territorio.

Acuicultura

Los estudios de percepción de la potencialidad de actividades de acuicultura recomiendan que, independientemente de la especie de cultivo, realizar desarrollos de tipo artesanal que resulten atractivos y cónsonos con el turismo, los cuales deben estar próximos a comu-

nidades o poblaciones establecidas, donde la influencia de factores antropogénicos sea adecuada, como se demostró en el presente estudio a través de sus análisis de calidad de agua.

Primordialmente se podrían establecer cultivos de bivalvos, principalmente de mejillones, con semillas obtenidas de la zona. Esto podría traer como consecuencia, no solo una actividad productiva y atractiva para el ecoturismo, sino la posibilidad de establecer núcleos de producción y exportación de gametos y larvas para la recuperación de los bancos naturales.

Mientras se consolidan los laboratorios que produzcan alevines de peces marinos, semillas de bivalvos y otros organismos acuáticos en la región, se podrían realizar desarrollos piscícolas de engorde, con especies autóctonas presentes en la zona y preferiblemente con aquellas que presenten alevines y semillas disponibles; no obstante, previamente a ello, se aconseja realizar estudios de prefactibilidad. La elevada pesca de la zona, incluyendo caladeros de sardina y otras especies de gran abundancia condicionan favorablemente a la zona como adecuada para el suministro del alimento de engorde con sobrantes de dicha pesca.

Tortugas

De las 7 especies de tortugas marinas existentes en el mundo, 5 se encuentran en la zona de estudio: la tortuga Blanca o Verde *Chelonia mydas*, la Carey o Parape *Eretmochelys imbricata*, la Cabezona o Caguama *Caretta caretta*, la Cardón *Dermochelys coriacea* y la Guaraguá o Maní *Lepidochelys olivacea*. Según la documentación de los sitios de anidación en el Caribe la zona de estudio es de gran importancia, particularmente con la especie cardón (Fig. 7), lo cual hace imperativo desarrollos o apoyos a programas de conservación.



Figura 7.- Tortuga cardón, *Dermochelys coriacea* en playa Cipara (Foto de Centro de Investigaciones sobre Tortugas Marinas de Venezuela, CITMAR).

Aspectos socioeconómicos

A pesar de la riqueza en recursos naturales renovables y no renovables, los últimos censos oficiales realizados han mostrado que la región es una de las más pobres del país, actualmente esta situación persiste. Los indicadores sociales y económicos no indican modificaciones sustanciales en los niveles de pobreza, sino más bien una tendencia de empeoramiento de las condiciones de vida de la población, haciendo necesario ejercer acciones de generación de desarrollo en la zona.

Propuestas de proyectos

El logro de esta concertación está vinculado a la solución de los déficits sociales en materia de educación, salud, servicios sanitarios, electricidad y agua potable, y particularmente seguridad, lo cual afecta la calidad de vida de las poblaciones del eje costero. Desde esta perspectiva el ámbito de los proyectos posibles y necesarios se amplía, agregándose a pesca y acuicultura, proyectos en infraestructura y servicios y proyectos de fortalecimiento organizacional que deben ser impulsados en combinación con los proyectos de economía productiva, como pieza clave para el logro de la sustentabilidad.

Pesca

Salvaguardando actividades de desarrollo de los servicios antes demandados, es posible y deseable implementar una serie de actividades y/o proyectos a corto y mediano plazo que permitan contrarrestar las tendencias negativas observadas en las actividades de pesca artesanal de esta región. Entre ellas consideramos particularmente útiles las siguientes:

1. Brindar apoyo a las instituciones gubernamentales para matricular las embarcaciones, registro de los pescadores y expedir los permisos de pesca.
2. Apoyar a las comunidades en la instalación de sistemas de frío utilizando fuentes de energía amigables con el ambiente (por ejemplo, paneles solares).
3. Brindar apoyo y asesoría técnica para la creación y el fortalecimiento de Consejos de Pescadores.
4. Instalar un expendio de combustible, una ferretería marina y un taller para la reparación de motores fuera de borda en el sector del recorte territorial que no posee vías de comunicación terrestre (Cipara-Don Pedro).
5. Apoyar la diversificación de métodos y artes de pesca para convertir a la flota del sector en polivalente, con el objeto de mejorar la rentabilidad y rendimientos y acceder a recursos pesqueros poco vulnerables a los artes de pesca utilizados. Se estima, que hay una gran biomasa la cual se aprovechó la pesca de arrastre, hoy en

día eliminada por ley decretada en el 2009, que actualmente no esta accesible a la artesanal.

6. Crear de un Centro de Apoyo a la Pesca Artesanal que asegure entre otros: monitoreos tendientes a la administración y ordenación de recursos pesqueros.
7. Desarrollar un programa de cruceros científicos para estimaciones directas de abundancia y repartición espacial de los recursos pesqueros.

Acuicultura

La elaboración de un proyecto de acuicultura para la zona de Paria, implica tomar en consideración numerosas variables, en el presente diagnóstico tan solo se obtuvo información inexistente de la zona para determinar de manera preliminar la potencialidad para actividades de acuicultura; sin embargo, se pueden precisar actividades para el desarrollo de la zona como el cultivo del mejillón *Perna perna*, engorde de peces y protección de tortugas marinas.

Para las actividades o proyectos de mejillón debe plantearse la escogencia de sitios, preferiblemente dentro del área del eje Cipara-Don Pedro, en función de asegurar el reclutamiento de semillas del mejillón marrón. En este sentido, y por tener acceso la población de Cipara por vía terrestre y estar ya sensibilizada con algunas experiencias previas, es una localidad importante para el establecimiento del cultivo, lo cual coadyuvaría a la auto fijación del bivalvo en los sustratos naturales de dicha zona (muelle natural de Cipara). Cipara podría ser uno de los núcleos para obtención de semillas, así como otros del eje Cipara-Don Pedro, a determinar. Estos núcleos de obtención de semilla y cultivo, podrían ser utilizados para suministrar semillas a otras localidades de cultivo establecidas hacia el occidente, incluyendo áreas fuera de la referida para este estudio y contribuiría a un mayor reclutamiento en los bancos de la zona. La recuperación de dichos bancos, es una expectativa de los pobladores de la zona, y podrá repercutir no solo en una actividad alternativa a las que realizan (pesca y agricultura), sino que dada la elevada fecundidad de los mejillones (millones de huevos/adulto), la situación geográfica y la dirección de las corrientes, podrá repercutir en una mayor exportación de larvas para la recuperación de otros bancos en zonas aledañas y con ello hacia otras zonas del nororient de Venezuela, trayendo consigo la recuperación del recurso y un escenario de mayor sostenibilidad.

Existen posibilidades de realizar el engorde de peces marinos en el eje San Juan de las Galdonas-Don Pedro, además que la zona posee una belleza natural y paisajes extraordinarios para el desarrollo turística Fig. 8). Nuestras visitas a la zona, nos permitió visualizar comunidades pesqueras interesadas para realizar actividades de engorde de peces, ya que están relacionadas con la rutinas tradicionales de los pescadores, solo se necesitaría realizar la transferencia de conocimientos con el seguimiento adecuado. Entre las actividades que se pueden desarrollar están talleres para la concienciación sobre pesca y acuicultura, cursos sobre el manejo de cultivo, confección de jaula flotante, preparación de pienso, alimentación de

peces etc. La elevada pesca de la zona, incluyendo caladeros de sardina, condicionan favorablemente a la zona como adecuada para el suministro del alimento de engorde con sobrantes de dicha pesca.

Se ha integrado la actividad de conservación de tortugas marinas como acuicultura debido al concepto de intervención para el aumento de la reproducción de dichas especies y la importancia que la misma posee en beneficio del hombre (salvaguardar la biodiversidad y el ambiente). Debido a la importancia de la zona estudiada por la presencia y actividad reproductiva de las tortugas marinas, el estudio y protección de las mismas es una actividad imperativa y prioritaria. En este sentido, se deben fortalecer los planes y proyectos en curso llevados a cabo instituciones no gubernamentales y gubernamentales, en virtud de consolidar un proyecto estratégico para la facilitación de la reproducción en la anidación, incubación y protección de huevos, así como el cuidado y liberación de neonatos de tortugas para la conservación y recuperación poblacional de dichas especies. Estas actividades pueden ayudar a dimensionar el atractivo turístico ecológico en la zona de estudio.

Agradecimientos

Una de las actividades claves para el desempeño del presente estudio fueron las expediciones realizadas, en dicha actividad recibimos la colaboración de la Alcaldía del Municipio Arismendi del Edo. Sucre, a través de su Alcalde José Guerra, así como Anastasio López, coordinador de Pesca y Acuicultura, Rosina Vargas, Directora de Planificación, Investigación y Desarrollo y los promotores de pesca Víctor Romero y Alcides Martínez. Especial agradecimiento también a Euclides Luna “*el Chino*” prefecto de Unare y Jesús Mujica operador turístico por su apoyo en la expedición y a Jesús Pino, concejal de San Juan de las Galdonas, por sus recomendaciones.

Agradecemos la gentileza de las comunidades que nos atendieron y suministraron información importante durante la expedición a las costas de Paria, especialmente a la comunidad de la población de Cipara.

Se agradece la colaboración por el apoyo logístico del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente y del Centro de Investigación y Conservación de Tortugas Marinas, así como al INSOPESCA por la data suministrada.

Análisis FODA del sector ostricultor artesanal de la provincia de Buenos Aires, Argentina

Errazti¹ E., Gualdoni¹ P., Bertolotti^{1,2} M., Pagani¹ A.

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes 3260, Mar del Plata, Argentina, errazti@inidep.edu.ar; pgualdo@mdp.edu.ar, apagan@inidep.edu.ar

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Paseo Victoria Ocampo N°1 Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina, maricelb@inidep.edu.ar

Resumen

Se considera a la ostricultura artesanal de la provincia de Buenos Aires como una actividad promisoriosa y de alto impacto para el desarrollo local, sin embargo, los ostricultores tienen dificultades en la cadena productiva para: lograr un volumen de producción que les permita abastecer al mercado en forma continua y con calidad uniforme, acceder al mercado interno consolidado para colocar lo producido, lograr una escala eficiente y obtener financiamiento adecuado.

Se realizó un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) para examinar la interacción entre las características particulares del sector ostrícola y su entorno y determinar las medidas de políticas acordes con el desarrollo sostenible de la actividad.

Palabras claves

Ostricultura artesanal, análisis FODA

Introducción

En la zona de Bahía Anegada (Balneario Los Pocitos y San Blas), Partido de Patagones

de la Provincia de Buenos Aires, se encuentra la zona de desarrollo de la ostra del Pacífico, japonesa o cóncava (*Crassostrea gigas*). Esta zona productora de moluscos bivalvos fue reconocida en la mejor categoría de aptitud como zona clase “A” (AR-BA-001) en el año 2006. La ostra cóncava es una especie exótica que fue introducida sin ningún control en el año 1982, formando un banco natural.

En la actualidad existen 77 permisionarios registrados, pero menos de un 20% están produciendo. En estas localidades se efectúa poco cultivo, principalmente se realiza extracción del banco natural con prácticas predominantemente artesanales y en la mayoría de los casos con características de “furtivismo”, sin los permisos y controles sanitarios y de toxicidad correspondientes. El principal producto, pulpa (aproximadamente 98% del total producido) es frecuentemente elaborado en espacios no habilitados por las autoridades de aplicación.

El conflicto entre actores es alto, sobre todo por el “furtivismo”, lo que dificulta asumir conductas asociativas, son rivales, aunque admiten la conveniencia de la cooperación para aumentar la producción, mejorar el precio de venta y obtener créditos. Esta conducta y la informalidad en que se desarrolla la actividad, frente a una demanda concentrada (de tipo oligopsonio) provocan la baja de los precios de venta del producto que elaboran y dificulta la formación de organizaciones formales de ostricultores, que les permita obtener un nivel de producción que consolide la cadena productiva.

Se presenta un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) a partir del cual se elaboró un listado de medidas de políticas de corto y mediano y largo plazo acordes con el desarrollo sustentable de la actividad.

Metodología

Se definió como universo o población objetivo a todos los ostricultores activos tengan o no permisos de explotación emitido por la autoridad competente, localizados en el Balneario Los Pocitos y Bahía San Blas de la provincia de Buenos Aires.

El marco metodológico utilizado es el análisis FODA, que permite realizar un diagnóstico preciso para elaborar medidas de políticas. Se realizaron diez entrevistas en profundidad a los ostricultores artesanales autoridades del gobierno local y representante de la autoridad provincial, utilizando una guía de entrevista para asegurar que los temas que son considerados como claves, fueran abordados por todos los entrevistados. Se codificaron las respuestas de acuerdo con los siguientes temas: cadena productiva, recursos humanos, mercado-comercialización, medio ambiente y marco institucional/normativo.

Resultados

Análisis Interno:

a. Fortalezas

- Medio ambiente
 - ◇ Análisis de toxicidad realizados sistemáticamente por la provincia para mantener la certificación de aguas.
- Cadena productiva
 - ◇ Industria en crecimiento: Una planta instalada en San Blas con experiencia comercial y otra habilitada para comenzar a funcionar en breve en Los Pocitos
 - ◇ Fuente de empleo y retención de poblaciones; mejora la vulnerabilidad social
 - ◇ Gran impacto socio económico en las localidades
 - ◇ Costos de producción considerados bajos
- Recursos humanos
 - ◇ Recurso humano local con conocimiento técnico y experiencia en la ostricultura artesanal

b. Debilidades

- Medio ambiente
 - ◇ Insuficiente o inexistentes sistemas de reciclaje o mitigación de residuos
- Cadena Productiva
 - ◇ Semilla extraída del banco natural no uniforme para la producción de grandes cantidades con similar tamaño
 - ◇ Sin volumen de producción que les permita comprometerse con potenciales compradores
 - ◇ Falta de encadenamiento productivo que dificulta las alianzas estratégicas para lograr economías de escala, alto grado de informalidad, furtivismo (ilegales), imposibilita la trazabilidad
 - ◇ Falta de condiciones sanitarias y toxicológicas exigidas por instituciones nacionales e internacionales
 - ◇ Inversión inicial alta para ostricultores artesanales
 - ◇ Alto nivel de riesgo para invertir en el sector, producto de condiciones ambientales, exigencias de mercado y del otorgamiento de permisos
 - ◇ Capital de trabajo insuficiente
- Comercialización
 - ◇ Alta dependencia del intermediario

- ◇ Falta de conocimiento del mercado a abastecer
- ◇ Comercialización irresponsable
- Recursos Humanos
 - ◇ Ostricultores reacios a agruparse, alta rivalidad
 - ◇ Inserción laboral endeble y sin seguridad social
 - ◇ Alto grado de conflictividad entre los ostricultores, pescadores e industriales
Escasa capacidad para la resolución de conflictos
 - ◇ Niveles insuficientes de capacitación, en especial en los temas sanitarios y de comercialización
 - ◇ Falta de comprensión, conocimiento e internalización de los requerimientos ambientales y de los riesgos sanitarios que están asociados a una manipulación inadecuada del producto

Análisis Externo

a. Oportunidades

- Medio ambiente
 - ◇ Aguas de muy buena calidad, se la reconoce como zona clase “A”
- Mercado
 - ◇ Aumento de la demanda interna de pescados y mariscos en los segmentos de mayor ingreso
 - ◇ Contra estación con la producción europea y asiática
 - ◇ Aumento del consumo internacional de ostras, principalmente en los países asiáticos, Francia y España
 - ◇ Tratados comerciales con países asiáticos
 - ◇ Importante sector pesquero exportador
- Entorno institucional
 - ◇ Cierre del registro de permissionarios por parte de la Autoridad Competente
 - ◇ Existencia del Plan de Manejo Poblacional de la Ostra del Pacífico y su Aprovechamiento en el Desarrollo de la Ostricultur.
 - ◇ Existencia del Manual de Procedimientos para el Control Sanitario de Moluscos Bivalvos, para obtener la trazabilidad de los moluscos
 - ◇ Apoyo del gobierno local
 - ◇ Experiencias exitosas de colaboración con entidades del saber científico y ONGs.
 - ◇ Hatchery Criadero patagónico de Especies Marina del Instituto de Biología Marina y Pesquera “Alte. Storni”

b. Amenazas

- Medio ambiente
 - ◇ Especie exótica cuya expansión compite con otras actividades (turismo y pesca).
- Mercado
 - ◇ Demanda interna reducida consecuencia de un mercado interno no desarrollado
 - ◇ Inflación que afecta la competitividad
- Entorno institucional
 - ◇ Duración anual de los Permisos de Extracción
 - ◇ Falta de una ley de acuicultura provincial
 - ◇ Falta de una política dirigida a la ostricultura, debido a que la maricultura es considerada un sector menor de la actividad pesquera
 - ◇ Inestabilidad política de la autoridad de aplicación
 - ◇ Falta de coordinación interinstitucional, indefinición o superposición de competencias
 - ◇ Faltan medidas de promoción económica
 - ◇ Falta de oportunidades de crédito específicas
 - ◇ Falta de laboratorios de SENASA en la zona
 - ◇ Infraestructura vial deficiente para el transporte de carga
 - ◇ No existe sistema de seguimiento y control de la normativa vigente

c. Acciones a desarrollar

- Acciones a desarrollar en el corto plazo
 - ◇ Fortalecimiento del capital humano y social para disminuir el conflicto a través de talleres liderados por la comuna
 - ◇ Asistencia técnica a los ostricultores
 - ◇ Conformación de cooperativas productivas a fin de lograr en conjunto el volumen de producción necesario para abastecer en tiempo y forma los requerimientos del mercado, compartir equipamiento y mejorar el sistema de comercialización (poder de negociación)
 - ◇ Concientización de los riesgos sanitarios que están asociados a una manipulación del producto inadecuada, dirigido a ostricultores, autoridades locales y población en general, a través de talleres convocados por la provincia
 - ◇ Capacitación para establecer o mejorar los servicios de aseguramiento de calidad: manipulación, presentación y conservación de la calidad de los productos pesqueros
 - ◇ Cursos de capacitación en gestión y administración de organizaciones sin fines

de lucro

- ◇ Sistemas de información de mercados mayoristas y de redes minoristas de productos pesqueros en el orden local y provincial
- ◇ Depuración del registro provincial de permisionarios a través de un censo de ostricultores
- ◇ Sistemas de control eficiente sobre la explotación del banco natural para evitar el “furtivismo”
- ◇ Sistemas de reciclaje y mitigación de residuos
- ◇ Proyectos de orden local que incluyan a la ostricultura artesanal con sus componentes cultural y comercial con fines turísticos
- Acciones a desarrollar en el mediano y largo plazo
 - ◇ Sanción de la Ley de Acuicultura provincial
 - ◇ Realización de una propuesta integral para el desarrollo ostrícola, compartida interinstitucional e interjurisdiccional (municipio, provincia, nación)
 - ◇ Promoción de líneas de crédito y apoyo financiero
 - ◇ Fomento de mecanismos colaborativos entre las diversas instituciones académicas que intervienen en el sector para realizar estudios especializados de la ostricultura, a través de la armonización de criterios de investigación, así como el equipamiento necesario
 - ◇ Fomento de mecanismos colaborativos entre los ostricultores artesanales y las empresas ya instaladas para utilizar las plantas de expedición que les permita cumplir con las normas higiénico – sanitarias
 - ◇ Realización de análisis de mercados: productos, precios, demanda potencial, canales de comercialización y distribución; en especial de la demanda gastronómica como un producto de alta gama
 - ◇ Programas de capacitación y financiación para el uso de tecnologías de bajo nivel de inversión inicial y baja escala de producción, orientando la producción a los requerimientos de nichos específicos de mercado (gastronomía, locales de venta especializados, especialidades para turismo, etc.)
 - ◇ Fortalecimiento de organizaciones de ostricultores y crear capacidad en las ya existentes para obtener mayor representatividad y convertirse en interlocutores válidos para ser consultados en la toma de decisiones para la elaboración de políticas participativas
 - ◇ Equipamiento productivo para las organizaciones de pescadores, canalizando recursos financieros de los distintos organismos públicos y/o internacionales de apoyo al sector
 - ◇ Programas de promoción de los productos de la ostra, generando una

denominación de origen con atributos sociales y de calidad

- ◇ Creación de un “paisaje cultural” que tenga identidad, que lo constituye en parte importante del patrimonio natural y cultural y que adquiere la condición de bien común y de testimonio de la comunidad que lo habita
- ◇ Armonización de la legislación (marco regulatorio específico para la producción artesanal de alimentos, ya sea bromatológico, tributario o de la seguridad social)

Consideraciones finales

La ostricultura significa una alternativa complementaria de desarrollo socio económico para estas localidades, es la base de ingresos de la economía doméstica de una parte substancial de la población y brinda oportunidad de empleo al Partido, sin embargo, los ostricultores tienen dificultades en la cadena productiva para: lograr un volumen de producción que les permita abastecer al mercado en forma continua y con calidad uniforme, acceder al mercado interno consolidado para colocar lo producido, lograr una escala eficiente y obtener financiamiento adecuado.

Los ostricultores no asumen conductas asociativas porque se perciben como rivales. Esta conducta, la informalidad de la actividad y una demanda concentrada, se traducen en una pérdida de poder de mercado.

La tecnología utilizada en la cadena productiva no experimentó cambios desde que comenzó esta actividad, debido a que es una actividad netamente artesanal. La falta de semilla en cantidad y calidad, la escasa tecnología incorporada y la pérdida de poder de mercado, suscita que la actividad de cultivo no esté desarrollada, concentrándose la actividad en la extracción del banco natural para la elaboración de pulpa.

No se identifica una gobernanza clara en la cadena productiva. Los pescadores perciben al Estado como no proactivo, reactivo ante el conflicto y desarticulado políticamente.

La promoción del sector ostricultor debe ser entendido como un conjunto de actividades integrales que van más allá del simple apoyo a la producción. Implica también el desarrollo de actitudes, habilidades y capacidades orientadas a lo productivo basadas en los valores culturales locales. En este proceso de crecimiento del sector, las comunidades locales deben ser capaces de liderar el proceso interactuando con los diferentes actores del sector y el sector público.

Bibliografía

- Pascual M. & Castaños C. 1999. Cultivo de ostras cóncavas en Argentina: desde el criadero hasta la cosecha en el mar. 3° Premio al Emprendedor Agropecuario, undécima edición, Banco Francés/diario Clarín. Sociedad Rural Argentina. 46pp. (Web en línea) http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/01=Cultivos/04-acuicultura_marina/_archivos/100804_Cultivo%20de%20ostras%20c%C3%B3ncavas%20en%20la%20Argentina%20desde%20el%20criadero%20hasta%20la%20cosecha%20en%20el%20mar.pdf
- SAGPyA, 2008. Indicadores de Pesca Marítima. Mayo 2008. Secretaria de Pesca y Acuicultura. Dirección Nacional de Planificación Pesquera. Dirección de Economía Pesquera. 20pp.
- Sanz G. 2006. Estudio de mercado de los productos de la pesca artesanal en Buenos Aires. 17pp. (Web en línea) <http://www.chubut.gov.ar/comarcas/imagenes/Documento%20Final%20Estudio%20de%20mercado%20Cap%20y%20GBA.pdf>

Análisis FODA del Sector Ostricultor Artesanal de la provincia de Buenos Aires Argentina

Elizabeth Erratti¹, Patricia Gualdoni¹, María I. Bertolotti^{1,2} y Andrea Paganí¹
 erratti@iniddep.edu.ar

¹Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata
²Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero

En la zona de Bahía Anegada (Baleaero Los Pocitos y San Blas), Partido de Patagones de la Provincia de Buenos Aires, se encuentra la zona de desarrollo de la ostra del Pacífico, japonesa o cóncava (*Crassostrea gigas*). Esta zona productora de moluscos bivalvos fue reconocida en la mejor categoría de aptitud como zona clase "A" (AR-BA-001) en el año 2009. La ostra cóncava es una especie exótica que fue introducida sin ningún control en el año 1982, formando un banco natural.

En la actualidad existen 77 permisionarios registrados, pero menos de un 20% están produciendo. En estas localidades se efectúa poco cultivo, principalmente se realiza extracción del banco natural con prácticas predominantemente artesanales y en la mayoría de los casos con características de "turivismo", sin los permisos y controles sanitarios y de toxicidad correspondientes. El principal producto, pulpa (aproximadamente 96% del total producido) es frecuentemente elaborado en espacios no habilitados por las autoridades de aplicación.

El conflicto entre actores es alto, sobre todo por el "turivismo", lo que dificulta asumir conductas asociativas, son rivales, aunque admiten la conveniencia de la cooperación para aumentar la producción, mejorar el precio de venta y obtener créditos. Esta conducta y la informalidad en que se desarrolla la actividad, frente a una demanda concentrada (de tipo oligopólio), provoca la baja de los precios de venta del producto que elaboran y dificulta la formación de organizaciones formales de productores, que les permita obtener un nivel de producción que consolide la cadena productiva.

Se presenta un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) a partir del cual se elaboró un listado de medidas de políticas de corto y mediano y largo plazo acordes con el desarrollo sustentable de la actividad.

Se definió como universo o población objetivo a todos los ostricultores: activos tengan o no permisos de explotación emitido por la autoridad competente, localizados en el Baleaero Los Pocitos y Bahía San Blas de la provincia de Buenos Aires.

El marco metodológico utilizado es el análisis FODA, dando que permite realizar un diagnóstico preciso para elaborar medidas de políticas. Se realizaron 10 entrevistas en profundidad a los ostricultores artesanales autoridades del gobierno local y representante de la autoridad provincial, utilizando una guía de entrevista para asegurar que los temas que son considerados como claves, fueran abordados por todos los entrevistados. Se codificaron las respuestas de acuerdo a los siguientes temas: cadena productiva, recursos humanos, mercado-comercialización, medio ambiente y marco institucional/normativo.

Con el fin de lograr el desarrollo económico y social del sector, las LINEAS DE ACCIÓN presentadas están ASOCIADAS con cuestiones como:

- la sustentabilidad ambiental, económica y social;
- la institucionalidad pública y marco jurídico-legal;
- la investigación y capacitación;
- la generación de puestos de trabajo genuinos.



<p>ANÁLISIS INTERNO</p> <p>ANÁLISIS EXTERNO</p>	<p>FORTALEZAS</p> <p>Medio ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análisis de toxicidad realizados sistemáticamente por la provincia para mantener la certificación de agua. • Cadena productiva • Industria del comercio. Una planta instalada en San Blas con experiencia comercial y otra habilitada para conectar a Baleaero en breve en Los Pocitos • Fuente de empleo y atención de poblaciones, mejora la vulnerabilidad social • Buen impacto socio económico en las localidades • Costos de producción considerablemente bajos • Recursos humanos • Reserva hábitat local con componente técnico y experiencia en la ostricultura artesanal 	<p>DEBILIDADES</p> <p>Medio ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente e inconsistentes sistemas de reciclaje o mitigación de residuos • Cadena Productiva • Similitud extrínseca del banco natural no uniforme para la producción de grandes cantidades con similar tamaño • Sin volumen de producción que les permita cooperar con potenciales compradores • Falta de involucramiento productivo que dificulta las alianzas estratégicas para lograr economías de escala • Alto grado de informalidad, funcionamiento irregular, inseguridad la legalidad • Falta de condiciones sanitarias y tecnológicas exigidas por instituciones nacionales e internacionales • Fomento inicial alto para productores artesanales • Alto nivel de riesgo para eventuales cambios de condiciones ambientales, respuesta de mercado y del comportamiento de permisos • Costos de trabajo elevados <p>Comercialización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta dependencia del intermediario • Falta de conocimiento del mercado a satisfacer • Comercialización irresponsable • Recursos Humanos • Dificultades relativas al agruparse, alta movilidad • Inversión laboral reducida y sin seguridad social • Alto grado de conflictividad entre los ostricultores, pescadores e industriales. Escasa capitalización para la resolución de conflictos • Niveles reducidos de capacitación, en relación a los temas sanitarios y de comercialización • Falta de comprensión, conocimiento e implementación de los requerimientos ambientales y de los riesgos sanitarios que están asociados a una manipulación inadecuada del producto.
<p>OPORTUNIDADES</p> <p>Medio ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua de muy buena calidad, se la reconoce como zona clase "A" Marítimo • Aumento de la demanda interna de ostras y mariscos en los segmentos de mayor ingreso • Cobertura educación que la producción autógena y analítica • Aumento del consumo internacional de ostras, principalmente en los países europeos, Francia y España • Trabajo con consultoría con países vecinos • Importancia sector pesquero exportador <p>Entorno Institucional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Certeza del registro de permisionarios por parte de la Autoridad Competente • Existencia del Plan de Manejo Pesquero de la Ostra del Pacífico y su Adecuamiento en el Desarrollo de la Ostricultura • Existencia del Manual de Procedimientos para el Control Sanitario de Moluscos Bivalvos, para obtener la inocuidad de los moluscos • Apoyo del gobierno local • Experiencia exitosa de colaboración con entidades del sector científico y ONGs • Matchey Claudio patagónico de Especies Marinas del Instituto de Biología Marina y Pesquera "Alfred Soria" <p>AMENAZAS</p> <p>Medio ambiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Especia exótica cuya expansión compete con otras actividades (turismo y salud) • Mercado • Demanda interna reducida consecuencia de un mercado interno no saludable • Infiltración que afecte la comercialización • Entorno institucional • Duración anual de los Permisos de Extracción • Falta de ley de acuicultura provincial • Falta de una política dirigida a la ostricultura, debido a que la ostricultura se concibe como un sector menor de la actividad pesquera • Inestabilidad política de la autoridad de aplicación • Falta de coordinación interinstitucional, indefinición o superposición de competencias • Faltan medidas de promoción económica • Falta de organizaciones de trabajo asociativas • Falta de laboratorios de SENASA en la zona • Infraestructura vial deficiente para el transporte de carga • No existe sistema de seguimiento y control de la normativa vigente 	<p>Acciones a desarrollar en el corto plazo</p> <p>Fortalecimiento del capital humano y social para desarrollo del cultivo a través de talleres orientados por la consulta</p> <p>Asistencia técnica a los ostricultores</p> <p>Conformación de cooperativas productivas a fin de lograr un conjunto al volumen de producción necesario para abastecer un mercado y tener los requerimientos del mercado (tamaño y calidad) y mejorar el sistema de comercialización (poder de negociación)</p> <p>Comercialización de los mejores productos que están asociados a una manipulación del producto (reservado, fresco y analítico), autoridades locales y población en general, a través de talleres convocados por la provincia</p> <p>Capacitación para establecer o mejorar los servicios de aseguramiento de calidad: seguimiento, presentación y conservación de la calidad de los productos perecheros</p> <p>Curso de capacitación en gestión y administración de organizaciones sin fines de lucro</p> <p>Sistema de información de mercados mayoristas y de redes minoristas de productos pesqueros en el primer local y provincia</p> <p>Sistemas de control eficiente sobre la explotación del banco natural para evitar el "turivismo"</p> <p>Implementación de sistemas de reciclaje y mitigación de residuos</p> <p>Proyectos de orden local que incluyan a la ostricultura artesanal con sus componentes cultural y gastronómico con fines turísticos</p>	<p>Acciones a desarrollar en el mediano y largo plazo</p> <p>Banco de la Ley de Acuicultura provincial</p> <p>Realización de una propuesta integral para el desarrollo ostrícola mediante interinstitucional e interjurisdiccionalmente (municipio, provincia, nación)</p> <p>Promoción de líneas de crédito y apoyo financiero</p> <p>Fomento de mecanismos colaborativos entre las diversas instituciones académicas que intervienen en el sector para realizar estudios especializados de la ostricultura, a través de la armonización de criterios de investigación, así como el intercambio necesario</p> <p>Fomento de mecanismos colaborativos entre los ostricultores artesanales y las empresas ya instaladas para utilizar las plantas de explotación que les permita cumplir con las normas higiénico sanitarias</p> <p>Realización de análisis de mercados: producción, precios, demanda potencial, canales de comercialización y distribución en especial de la demanda gastronómica (consumo producido de alta gama)</p> <p>Programas de capacitación y financiación para el uso de tecnologías de bajo nivel de inversión inicial y bajo escala de producción, orientados a la producción a los requerimientos de nichos específicos de mercado (gastronomía, locales de venta especializados, restaurantes para surtidos, etc.)</p> <p>Fortalecimiento de las organizaciones de ostricultores, y otras capacidad en las ya existentes para obtener mayor resiliencia y convertirse en involucrados activos para ser consultados en la toma de decisiones para la elaboración de políticas participativas</p> <p>Programas productivos para las organizaciones de pescadores, canalizando recursos financieros de los distintos organismos públicos uo internacionales</p> <p>Apoyo al sector</p> <p>Programas de protección de los productos de la ostra, generación una denominación de origen con atributos sociales y de calidad</p> <p>Creación de un "patrimonio cultural" que tenga identidad, que lo constituya en parte importante del patrimonio natural y cultural, que adquiere la condición de Bien común y sea testimonio de la comunidad que lo habita</p> <p>Armonización de la legislación (marco regulatorio específico para la producción artesanal de alimentos, ya sea biotecnológico, fitosanitario o de seguridad social)</p>

La ostricultura significa una alternativa complementaria de desarrollo socio económico para estas localidades, es la base de ingresos de la economía doméstica de una parte sustancial de la población y da oportunidad de empleo al Partido, sin embargo, los ostricultores tienen dificultades en la cadena productiva para lograr un volumen de producción que les permita abastecer al mercado en forma continua y con calidad uniforme, acceder al mercado interno consolidado para colocar el producto, lograr una escala eficiente y obtener financiamiento adecuado.

Los ostricultores no asumen conductas asociativas porque se perciben como rivales. Esta conducta, la informalidad de la actividad y una demanda concentrada, se traducen en una pérdida de poder de mercado.

La tecnología utilizada en la cadena productiva no experimentó cambios desde que comenzó esta actividad, debido a que es una actividad netamente artesanal. La falta de semilla en cantidad y calidad, la escasa tecnología incorporada y la pérdida de poder de mercado, provoca que la actividad de cultivo no esté desarrollada, concentrándose la actividad en la extracción del banco natural para la elaboración de pulpa.

Capacidad inmunoestimulante de la vitamina D en el camarón argentino *Artemesia longinaris*

Fernández Giménez^{1,2} A.V., Harán¹ N.S., Pereira¹ N.A., Sarasa¹ M.V., Fenucci^{1,2} J.L.

¹Departamento Ciencias Marinas, Universidad Nacional de Mar del Plata.

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. fgimenez@mdp.edu.ar.

Resumen

Artemesia longinaris Bate, 1888, es un peneido costero que se distribuye en el Atlántico sudoccidental desde Brasil hasta Argentina; su valor comercial y las fluctuaciones en las capturas hacen aconsejable su cultivo. El estado fisiológico de los crustáceos depende de los factores generales del medio, entre los cuales el alimento es uno de los más influyentes. Las vitaminas actúan como factores esenciales para el adecuado funcionamiento de la regulación enzimática permitiendo la asimilación de nutrientes ingeridos. El empleo de inmunoestimulantes tales como vitaminas, glucanos, quitina, derivados bacterianos o compuestos sintéticos ha producido buenos resultados en cultivo de camarones y peces. La fenoloxidasa y la peroxidasa son enzimas involucradas con el sistema inmune de camarones; su acción durante la respuesta a antígenos demuestra la importancia como indicadores de sanidad. El objetivo fue estudiar la acción inmunoestimulante de la vitamina D en la dieta de *Artemesia longinaris*, evaluando la actividad de fenoloxidasa (FO), fenoloxidasa total (FOt) y peroxidasa (PO) en el plasma y en el lisado de hemocitos. Ejemplares adultos no maduros capturados en el área costera de Mar del Plata, Argentina (38°S), se mantuvieron en acuarios de 150 L durante cinco semanas, alimentándolos con dietas semipurificadas con distintos niveles de vitamina D (8000, 15000, 30000 y 40000 UI/kg de dieta). Al iniciar y al finalizar el experimento se extrajo hemolinfa a individuos en intermuda para evaluar la actividad de las enzimas expresada como Abs/min/mg de proteína. Se evaluó proteína soluble, FO y FOt empleando el método de oxidación de L-dopa y peroxidasa mediante la oxidación del Pyrogallol. La actividad de FO y FOt en lisado de hemocitos fue significativamente mayor que en el plasma de todos los tratamientos. Esta observación sugiere que el sistema profenoloxidasa en *A. longinaris* está

localizado en el interior de los hemocitos como ha sido comprobado en varias especies de camarones; el mismo patrón se determinó con respecto a la actividad de peroxidasa; de manera coincidente con *Litopenaeus schmitti*. Se constató que las mayores actividades se registraron en los tratamientos con 8000 y 15000 UI Vitamina D/kg dieta; en el plasma los valores fueron para FO 0,054 y 0,037; FOt 0,019 y 0,038; PO 17,401 y 16,548 Abs/min/mg, respectivamente. En referencia a la actividad enzimática correspondiente al lisado de hemocitos para FO 1,233 y 0,867; PO 3790 y 3765 Abs/min/mg para D8000 y D15000; para FOt 2,5 en el caso de D15000. Se comprobó que la adición de 8000 y 15000 UI vit.D/kg de dieta aumentan la actividad del sistema profenoloxidasa y de la PO, dicha actividad resulta como bioindicador del estado de respuesta inmune de los camarones.

Palabras clave

Artemesia longinaris, fenoloxidasa, inmunoestimulante, peroxidasa, vitamina D.

Introducción

La producción de camarones peneidos es una actividad económicamente importante a nivel global. Sin embargo, ha sido fuertemente afectada por la ocurrencia de enfermedades y la aplicación de inmunoestimulantes está tomando un papel muy importante en el control de enfermedades en la acuicultura (Pascual *et al.*, 2006). Los inmunoestimulantes activan el sistema inmune, convirtiéndose en agentes profilácticos primarios, no curativos. Las limitaciones de la inmunoestimulación dependen del estado de desarrollo del sistema inmune, organismos blanco, tipo de inmunoestimulante usado y los procedimientos de administración. Muchos inmunoestimulantes son nutrientes habituales de la dieta, como las vitaminas y minerales (Rondón Barragán, 2004). Se han reportado estudios que demuestran que ciertas vitaminas pueden modular la respuesta inmune en peces y crustáceos (Molina *et al.*, 2002). Actualmente se cuenta con información respecto de los requerimientos de vitaminas en dietas de camarón argentino (Fernández Gimenez *et al.*, 1999; Fernández Gimenez, 2002; Petriella *et al.*, 2002; Fernández Gimenez *et al.*, 2004; Sarasa, 2010); sin embargo, aún no se ha estudiado la respuesta inmune de la especie en relación a la vitamina dietaria.

En el presente trabajo se estudió el efecto inmunoestimulante de la vitamina D en la dieta del camarón argentino *Artemesia longinaris*, cuantificando proteína soluble en plasma y evaluando la actividad de fenoloxidasa- fenoloxidasa total y peroxidasa en plasma y lisado de hemocitos.

Metodología

Los camarones fueron obtenidos mediante lances de pesca con red de arrastre, desde una lancha pesquera en Mar del Plata, Argentina (38°S) y posteriormente fueron transportados en tanques con aireación a la Estación J.J. Nágera (UNMdP).

Se prepararon dietas semipurificadas (caseína sin vitaminas; proteína de calamar, ácidos grasos; 44,5% proteínas totales; 13,2% lípidos) con distintos niveles de vitamina D₃ (0; 8000; 15000; 30000 y 40000 UI/ kg dieta) empleando el método de extrusión en frío (Fenucci *et al.*, 1980). Como tratamiento control se alimentó a los animales con una dieta completa a base de harina de pescado; harina de soja y proteína de calamar (30,28% proteínas totales; 5,66% lípidos). Se evaluó la composición proximal de las dietas según AOAC (1990).

Cada dieta se probó por triplicado en un experimento de 45 días de duración. Los ejemplares de *A. longinaris* se distribuyeron al azar en acuarios de 150 L de capacidad equipados con filtro interno y sustrato de arena y grava (salinidad 34ups; pH 7; fotoperiodo L: O 13:11). Al finalizar el experimento se extrajo hemolinfa a los camarones desde la región ventral entre el 5° par de pereiópodos, utilizando solución isotónica de camarón como anti-coagulante (Vargas Albores *et al.*, 1993). Se separó plasma de hemocitos y luego se lisaron los hemocitos (HLS) por centrifugación con solución salina. Los análisis bioquímicos se realizaron en plasma y HLS. Se evaluó proteína soluble (PS) por el método de Bradford (1976). Se determinó la actividad de fenoloxidasa (FO) por oxidación de L-dopa y cuantificando la formación de dopacromo a 490 nm según Hernández López (1995). La actividad de fenoloxidasa total (profenoloxidasa + fenoloxidasa -FO total) se evaluó incubando con tripsina bovina (SIGMA) para asegurar la conversión total de la profenoloxidasa a su forma activa fenoloxidasa. Luego se determinó la actividad FO según Hernández López (1995). La actividad de peroxidasa (PE) se determinó empleando Pyrogallol (SIGMA) como sustrato y se midió absorbancia a 420 nm (Lamela *et al.*, 2003).

Resultados

En la tabla I, se presentan los valores de proteína soluble y actividad enzimática para plasma y lisado de hemocitos obtenido de los camarones sometidos a distintos tratamientos.

Tabla I.- Proteína soluble (PS); Fenoloxidasa (FO); Fenoloxidasa total (FOt) y Peroxidasa (PE) de plasma y lisado de hemocitos (HLS) de camarones alimentados con diferentes dietas y valor de referencia (inicial) (Abs/min/mg proteína).

	INICIAL	D8000	D15000	D30000	D40000	CONTROL
Plasma PS	3,40±0,072a	2,22±0,312b	2,24±0,181b	4,70±0,267c	6,29±0,16d7	5,63±0,434e
FO	0,02±0,001a	0,05±0,005b	16,55±0,077c	7,74±0,217d	6,09±0,131e	6,58±0,053f
FOt	0,02±0,004a	0,02±0,003a	0,04±0,004b	0,01±0,000c	0,01±0,001c	0,005±0,001d
PE	10,9±0,12a	17,4±0,42b	16,6±0,08c	7,7±0,22d	6,1±0,13e	6,6±0,05f
HLS PS	0,005±0,007a	0,01±0,05b	0,01±0,007b	0,02±0,003b	0,012±0,003b	0,004±0,003b
FO	-	-	-	-	-	-
FOt	0,12±0,021a	0,40±0,000a	2,50±0,424b	1,17±0,306c	1,72±0,25b	5,83±1,041c
PE	877,8±11,11a	3790±82,6b	3765±39,7b	1828±34,6c	3171±26,0d	9325±131,7e

Discusión

La presencia de enfermedades en los camarones está íntimamente ligada con su condición fisiológica, la cual a su vez depende de las condiciones ambientales. La industria se ha centrado en el mejoramiento de alimentos balanceados con el fin de cubrir de manera eficiente los requerimientos nutricionales de los animales cultivados. Se modificaron los niveles de vitaminas, minerales, pigmentos y se han incluido diversos tipos de aditivos (β glucanos, macroalgas, antibióticos, etc.), en un intento por mejorar el estado nutricional de los camarones y así aumentar la tolerancia a las enfermedades (Pascual *et al.*, 2006). En el presente trabajo se constató que los mayores valores de actividad enzimática se registraron en los tratamientos con 8000 y 15000 UI Vitamina D/kg dieta y tratamiento control. Este resultado podría indicar que los camarones alimentados con una dieta completa que cubre con los requerimientos nutricionales de la especie, así como los alimentados con dieta con 8000 o 15000 mg Vitamina D/kg, evidencian inmunoestimulación. Se comprobó además que la actividad del sistema profenoloxidasa y peroxidasa, podrían resultar como bioindicador del estado de respuesta inmune de los camarones.

La amplificación de la respuesta inmune de los crustáceos está directamente relacionada al sistema profenoloxidasa (proFO) (Hernández-López *et al.*, 1996), su activación requiere de la exocitosis regulada de los hemocitos circulatorios. El sistema proFO representa uno de los mecanismos mejor entendidos de la respuesta inmune de los decápodos. Sus componentes están compartamentalizados en el interior de los gránulos de los hemocitos. Una

vez liberado el contenido granular en el plasma, la proFO es activada por una proteinasa, en fenoloxidasa (FO), la cual es responsable de la oxidación de fenoles a quinonas y que finalmente se convierten en melanina (Pascual *et al.*, 2006). En el presente trabajo la actividad de FOtotal en lisado de hemocitos fue significativamente mayor que en el plasma de todos los tratamientos. Esta observación sugiere que el sistema profenoloxidasa en *A. longinaris* está localizado en el interior de los hemocitos como ha sido comprobado en varias especies de camarones.

La actividad de peroxidasa también fue mayor en lisado de hemocitos, similares resultados observaron Lamela *et al.* (2003) en *Litopenaeus schmitti* (Burkenroad, 1936). Durante la respuesta inmune se activan enzimas como la NADPH-oxidasa, lo que incrementa el consumo de oxígeno resultando en la producción de especies reactivas de oxígeno (EROS), como anión superóxido y peróxido de hidrógeno entre otros. La concentración de EROS está controlada por acción de antioxidantes y varios mecanismos celulares como por ejemplo, las peroxidases, cuya función es eliminar peróxido de hidrógeno u otros radicales orgánicos, derivados de procesos de estrés oxidativo (Bandyopadhyay *et al.*, 1999).

Conclusiones

Los beneficios teóricos de los inmunoestimulantes para la acuicultura son muy prometedores pero se requiere avanzar en muchos campos del conocimiento para lograr establecer estrategias de uso y evitar así, efectos adversos. En el campo de los aditivos alimentarios, son muy amplias las posibilidades para la investigación, es una tarea ineludible, restablecer los requerimientos de vitaminas considerando el fortalecimiento del sistema inmune frente a situaciones de estrés. Se requiere continuar con la investigación a fin de establecer la capacidad de la vitamina D como inmunoestimulante de camarones peneidos.

Agradecimientos

Subsidio PIP CONICET N° 11220080102585, Título: “Desarrollo de tecnología para cultivo de crustáceos

Referencias

- Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist, Inc., Arlington.
- Bandyopadhyay U. Dipak D., Banerjee R.K. 1999. Reactive oxygen species: Oxidative damage and pathogenesis. *Current Science* ,77(5):5-10.

- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Fenucci J.L., Zein-Eldin Z., Lawrence A.L. 1980. The nutritional response of two penaeid species to various levels of squid meal in prepared fed. *Proceeding World Mariculture Society*, 11: 403-409.
- Fernández-Gimenez A.V. 2002. Requerimiento de vitaminas liposolubles A y E en la dieta del camarón *Artemesia longinaris* Bate, 1888 y el langostino *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888). Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires, Argentina, 185pp.
- Fernández-Gimenez A.V., Fenucci J.L., Petriella A.M. 2004. The effect of vitamin E on growth, survival and hepatopancreas structure of the Argentine red shrimp *Pleoticus muelleri* (Bate, 1888) (Crustacea, Penaeoidea). *Aquaculture Research*, 35: 1172-1178
- Fernández-Gimenez A.V., Petriella A.M., Fenucci J.L. 1999. Hepatopancreas cells profile of *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda) fed with different levels of vitamin A. *Biocell*, 23(1):A:27.
- Hernández-López J. 1995. Activación del sistema fenoloxidasas de hemocitos de camarón café (*Penaeus californiensis*) y su efecto en la fagocitosis. Tesis de maestría. Cicimar- IPN, 43 pp.
- Molina C., Rodríguez J.J., Arango I., Echeverría F., Sotomayor M. 2002. Efectos combinados de las vitaminas C y E dietéticas en la inmunoestimulancia del juvenil *Litopenaeus vannamei* antes y después de la suplementación con glucanos. *El mundo acuícola*, 8(1):29-33.
- Lamela R.E.L., Silveira Coffigny R., Martínez M. 2003. Actividad peroxidasa (POD) en juveniles del camarón *Litopenaeus schmitti*. II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. CIVA 2003.
- Pascual C., Rodríguez T. y Rosas C. 2006. Nutrición e inmunomodulación. Inmunidad y Nutrición. En: *Estado actual y perspectivas de la Nutrición de los camarones peneidos cultivados en Iberoamérica*. Rosas C., Carrillo O., Wilson R. y Andreatta E.R. (eds.) 297-324. CYTED, México.
- Petriella A.M., Magdaleno R., Fenucci J.L. 2002. Effect of dietary ascorbic acid on the growth of argentine prawn *Artemesia longinaris* Bate (Crustacea, Decapoda). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 17(2): 135-144.
- Rondón Barragán I.S. 2004. Inmunoestimulantes en medicina veterinaria. *Revista Orinoquia*, 8(2): 56-75.
- Sarasa M.V. 2010. Vitamina K en la dieta del langostino *Pleoticus muelleri* y el camarón *Artemesia longinaris* en cultivo. Tesis de grado, Licenciatura en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, 45 pp.

Vargas Albores F., Guzmán-Murillo M.A., Ochoa J.L. 1993. An anticoagulant solution for haemolymph collection and prophenoloxidase studies of penaeid shrimp (*Penaeus californiensis*). *Comp. Biochem. Physiol.* 106A: 299-303.



Cultivo del callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835) para su repoblación en la costa de Navolato, Sinaloa, México

Góngora Gómez A.M., Hernández Sepúlveda J.A., Diarte Plata G, Leal Sepúlveda A.L., Domínguez Orozco A.L.

¹ CIIDIR-UNIDAD SINALOA. Boulevard Juan de Dios Batís Paredes #250 e/ Calle San Joachin y Calle 100. Col. San Joachin. C.P. 81100. Guasave, Sinaloa. Telf. (687) 872-96-26. Email: ana_laurado@yahoo.com

Resumen

Las pinas (Hachas), especie sujeta a protección especial, presenta una alternativa para la administración del pueblo mexicano, debido a su alto valor nutritivo, digestividad, consumo directo, resistencia para su manejo y transporte. Se evaluó el crecimiento y la supervivencia en cajas ostreófilas y sistema en parques del callo de hacha *Atrina maura* en la isla Los Redos, Navolato, Sinaloa. Durante el periodo de marzo 2006 a julio 2007, los resultados obtenidos muestran para el caso de la temperatura del agua valores mínimos de 21,6 en el mes de diciembre 2006 y valores máximos de 33,3° C en el mes de junio del 2007, los valores de temperatura ambiental mostraron un rango amplio, obteniéndose los mínimos en marzo 2006 (23° C) y los máximos en julio 2006 (33° C). Los valores de salinidad estuvieron entre 30 (marzo 2006) y 40 spu (junio 2007). La distribución de pH, mostró los valores máximos en junio 2006 (9,1 UpH) y los mínimos en abril 2006 (7,76 UpH). La distribución del oxígeno disuelto muestra valores máximos en agosto 2006 (11,6 mg/l) y concentraciones mínimas en junio 2006 (4,76 mg/l). En lo que respecta a crecimiento y supervivencia de los organismos, estos presentan valores finales de 167,81 mm de largo en el mes de julio de 2007 y peso total de 153,1 g con un porcentaje de supervivencia del 72%. Los resultados del sistema en parque presentaron un contenido de materia orgánica de 1,71 g y textura formada por arena muy fina. Los resultados indican que el método de cultivo (canastas en suspensión) son favorables para el crecimiento de esta especie durante los primeros cuatro meses de engorda, haciendo

necesario implementar posteriormente la segunda fase de cultivo en parques.

Palabras clave

Acuicultura, protección de especies, *Atrina maura*.

Introducción

La concha abanico, pluma o callo de hacha (*Atrina maura*) es un molusco de la familia Pinnidae que se encuentra en los estuarios, bancos de arena o entre el fango en bahías y lagunas costeras del Pacífico, desde baja California hasta el Perú. Su concha es triangular en forma de abanico, un poco aplanada y delgada. De color crema, blancuzco o castaño, traslúcida. El borde posterior es ancho y con el margen truncado. Presenta 18 filas de espinas delgadas. En promedio la longitud valvar de los ejemplares adultos es de 181 mm y el diámetro de 50 mm.

Las pinas (Hachas) son especies sujetas a protección especial, presentan una alternativa para la administración del pueblo mexicano, debido a su valor nutritivo alto, digestividad, consumo directo, resistencia para su manejo y transporte. Por otra parte, presentan la capacidad de aprovechar al máximo el potencial biótico del medio natural, siendo excelentes transformadores de la productividad primaria, en consecuencia su cultivo no implica aportación ni gastos ni insumos. Su costo de producción es bajo, lo que justifica que estos organismos puedan ser considerados prioritarios en los programas de acuicultura que han de establecerse y desarrollarse en México. El producto que se comercializa es el músculo aductor o callo en estado fresco enhielado, su consumo puede ser local, regional o nacional. Se comercializa principalmente a los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Jalisco, Nuevo León, Estado de México y D. F.

La producción de callo fresco de 1989 a 1994 varió entre 28 y 79 t. Estos trabajos son las primeras experiencias en la costa Norte de Sinaloa, sobre el cultivo con semillas de hacha a partir de la compra de larvas producidas en el laboratorio. La importancia de este estudio consiste en presentar un programa general de la maricultura en la costa norte de Sinaloa, los problemas asociados al cultivo y crecimiento de la especie. Así como también, reducir los efectos de la pesca sobre las poblaciones naturales, ya sea por limitar la sobrepesca actual o por la repoblación de las áreas ya sobreexplotadas (Arizpe y Félix, 1986; Herrera, 1995; Singh-Cabanillas y Michael-Guerrero, 2001; Ahumada *et al.*, 2002; Rodríguez-Jaramillo, 2004).

En vista de lo anteriormente expuesto el presente trabajo coadyuva a implementar la técnica de engorde más eficiente para el crecimiento y supervivencia del callo de hacha *Atrina maura* durante un ciclo de cultivo en la costa de Navolato, Sinaloa.

Metodología

Las semillas fueron obtenidas del laboratorio Sea Farmer's en el municipio de Ahome, Sinaloa. Se sembraron 25000 organismos de *Atrina maura* "callo de hacha" por el método de *long-line* en la ensenada La Palmita, Navolato, Sinaloa. Se tomaron mensualmente los parámetros de pH, temperatura ambiental, temperatura del agua, oxígeno disuelto, clorofila *a*. Así como también se obtuvieron datos biométricos de los organismos, tales como: longitud, largo, ancho y peso total.

Resultados

Los resultados obtenidos muestran para el caso de la temperatura del agua, valores de 22,4 a 30,8 °C. Durante el periodo marzo-agosto, los valores de la temperatura ambiental mostraron un rango amplio, obteniéndose los mínimos en marzo (23 °C) y los máximos en agosto (34 °C). Los valores de salinidad estuvieron entre 30 y 36 ups. La distribución de pH, mostró los valores máximos en junio 2006 (9,1 UpH) y los mínimos en abril 2006 (7,76 UpH). En lo que respecta a crecimiento y supervivencia de los organismos, estos presentan valores que van desde los 24,14 a los 114,99 mm de largo. Se obtuvo un peso 3 a 29,4 g y un porcentaje de supervivencia del 75%.

Discusión

La temperatura y la presencia de depredadores fueron los factores principales que determinaron el crecimiento y supervivencia del callo de hacha en el cultivo experimental.

El método de cultivo en canastas en suspensión es factible en los primeros cinco meses de cultivo. Es recomendable implementar a partir del quinto mes la segunda parte del cultivo. Con relación al método de campo, no se ha encontrado la técnica más eficiente para su producción o crecimiento.

Los resultados preliminares indican que el periodo de cultivo (canastas en suspensión) son favorables para el crecimiento de esta especie durante los primeros meses de engorda. Se considera necesario seguir realizando estudios acerca del cultivo de esta especie.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Sinaloa (CECyT- Sinaloa) y al IPN-CIIDIR- Sinaloa, por el apoyo logístico y económico brindado

Referencias

- Ahumada-Sempoal M.A., Serrano-Guzmán S.J., Ruiz-García N. 2002. Abundancia, estructura poblacional y crecimiento de *Atrina maura* (Bivalvia: Pinnidae) en una laguna costera tropical del Pacífico mexicano. Rev. Biol. Trop. 50(3/4):1091-1100
- Arizpe C.O., Félix U.R.. 1986. Crecimiento de *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en la bahía de La Pas, México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 13(2):167-172.
- Herrera M.A. 1995. Cultivo del callo de hacha (*Atrina maura*) en el noroeste de México. Rev. Alternativas 10
- Rodríguez-Jaramillo M.C. 2004. Efecto de la temperatura sobre la gametogénesis en el callo de hacha *Atrina maura* (Sowerby, 1835). (Bivalvia: Pinnidae). Tesis de Maestría IPN CICIMAR, La Paz, B.C.S. 92pp.
- Singh-Cabanillas J., Michel-Guerrero E. 2001. Aspectos biológicos del callo de hacha *Pinna rugosa* (Sowerby, 1835) en bahía Concepción, B. C. S. INP-CRIP 2pp.



MARICULTURA DEL CALLO DE HACHA *Atrina maura* (Sowerby, 1835) PARA SU REPOBLACIÓN EN LA COSTA DE NAVOLATO, SINALOA, MÉXICO



Góngora-Gómez Andrés Martín¹, Hernández-Sepúlveda Juan Antonio¹ y Diarte-Plata Genaro¹
 Leal Sepúlveda A. L. Dominguez Orozco A. L.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional - Unidad Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Batiz Paredes # 250, Col. San Joachin, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81101. Tel 6878729625 y 6878729626, gogam69@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Las pinas (Hachas), especie sujeta a protección especial, presentan una alternativa para la administración del pueblo mexicano, debido a su alto valor nutritivo, digestividad, consumo directo, resistencia para su manejo y transporte. El callo de hacha, *A. maura* generalmente se encuentra en bahías protegidas por suelos arenosos, en suelos de limo y arcilla, en zonas de manglares y bancos de lodo desde el nivel de baja marea hasta unos 10 m de profundidad, las valvas de las conchas presentan una forma triangular, cuneiforme y son iguales entre sí. Como una característica distintiva *A. maura*, presenta una concha alargada, bastante aplanada semejante a un amplio abanico de borde posterior truncado-redondeado. Su color en la superficie externa es ámbar-púrpuro a café oscuro, superficie externa brillante, coloreada tal como la externa, nacarada anteriormente. Alcanza tallas máximas hasta de 45 cm, comúnmente es de 20 cm (Figura 1 a). El producto que se comercializa es el músculo aductor o callo en estado fresco enthielado, su consumo puede ser local, regional o nacional. Se comercializa principalmente a los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Jalisco, Nuevo León, Estado de México y D. F. (Herrera, 1995; Singh-Cabanillas y Michel-Guerrero, 2001; Ahumada *et al.*, 2002).

OBJETIVO

Isla Los Redos (*) se localiza entre los 24° 20' y 24° 35' de latitud norte y los 107° 20' y 107° 55' de longitud oeste (Figura 1 b).

ÁREA DE CULTIVO

Evaluar el crecimiento y la supervivencia en cajas ostréofílas y sistema en parques para el callo de hacha *Atrina maura* en la Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa, México.



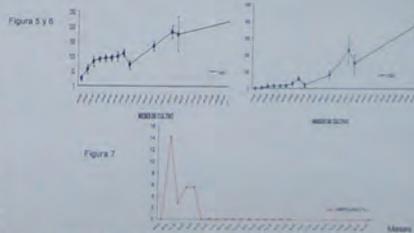
MATERIALES Y MÉTODOS

La semilla fue obtenida del laboratorio del Centro Reproductor de Especies Marinas del Estado de Sonora situado en Bahía de Kino, Sonora, México. La semilla se transportó en seco y fría soportando sin problema un viaje de 12 horas fuera del agua. Cada semilla midió entre 4 y 5 mm. Se emplearon 150,000 semillas. La siembra de los organismos se realizó en el mes de Marzo de 2006, dichos organismos fueron distribuidos en costales de tela mosquetera con malla de 1 mm dentro de las canastas Nestler, las cuales se amarraron en nodos atados a una "Long-line" (Figura 2). Al paso de tres meses se sembraron en la zona intermareal en los sistemas de Parques (Figura 3). Las biometrías se realizaron mensualmente con un Vernier Calibrador Digital Mitutoyo 500-197, tomando como medida principal la altura o largo de la concha, registrando también el peso total con una balanza analítica Ohaus Scout Pro SP-2001 de campo. Quincenalmente se realizó la limpieza del encierro o parque para evitar la presencia de depredadores y macroalgas. Se tomaron lecturas quincenales de transparencia y profundidad empleando un disco de Secchi, salinidad con un refractómetro Alago S.M.M., temperatura del agua y oxígeno disuelto con un oxímetro YSI 55/2/T (Figura 4); temperatura ambiental con un termómetro Braunian 76 mm de inmersión de -20 a 110°C, y pH con un potenciómetro Hanna HI 8314. La mortalidad se determinó recolectando semanalmente a los organismos muertos que están presentes en el parque acuícola y la proporción obtenida estuvo en función del total de organismos empleados inicialmente para el cultivo.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de Marzo 2006 a Julio 2007 los resultados obtenidos muestran para el caso de la temperatura del agua valores mínimos de 21.6 en el mes de Diciembre 2006 y valores máximos de 33.3°C en el mes de Junio del 2007, los valores de temperatura ambiental mostraron un rango amplio, obteniéndose los mínimos en Marzo 2006 (23°C) y los máximos en Julio 2006 (35°C). Los valores de salinidad estuvieron entre 30 (Marzo 2006) y 40 ppm (Junio 2007). La distribución de pH, mostró los valores máximos en Junio 2006 (9.1 UPH) y los mínimos en Abril 2006 (7.76 UPH). La distribución de oxígeno disuelto muestra valores máximos en Agosto 2006 (11.8 mg/l) y concentraciones mínimas en Junio 2006 (4.76 mg/l). En lo referente al crecimiento, para la primera etapa de cultivo que fue en Marzo de 2006 a Noviembre de 2006 se obtuvieron organismos que presentaron un largo de 71.32±14.79 mm con incremento de 7.92 mm/mes y un peso de 20.24±12.31 g con incremento de 2.24 g/mes, a partir de pinas de 24.14 de largo y un peso de 0.38 g. En la segunda etapa del cultivo que se realizó en parque o corral, en la cual se obtuvieron organismos que presentaron un largo de 228.35±23.87 mm (5.65 mm/mes) y peso de 384.75±85.87 g (15.83 g/mes) (Figuras 5 y 6). En la primera etapa de cultivo se registró una mortalidad de 14.11% para el mes de abril de 2006 y 5.54% en el mes de Julio 2008 obteniendo una mortalidad acumulada del 28%. En la segunda etapa no se registró mortalidad; para finalizar en 72% de sobrevivencia para *A. maura* (Figura 7).



CONCLUSIONES

La temperatura y el sedimento fueron los factores principales que determinaron el crecimiento y la supervivencia de los organismos. Los resultados indican que el método de cultivo (canastas en suspensión) son favorables para el crecimiento de esta especie durante los primeros cuatro meses de engorda, haciendo necesario implementar posteriormente la segunda fase de cultivo en un sistema de parques.

LITERATURA CITADA

Ahumada Gempal, M. A., J., Serrano-Guzmán y Rolo-García, N. (2002). Abundancia, estructura poblacional y crecimiento de *Atrina maura* (Bivalvia: Pinidae) en una laguna costera tropical del Pacífico mexicano. *Rev. Biol. Trop.* 50(3/4): 1091-1100 pp.
 Herrera, M. A. 1995. Cultivo del callo de hacha (*Atrina maura*), en el noroeste de México. *Rev. Alternativas*. 10 p.
 Singh-Cabanillas, J. y Michel-Guerrero, E. (2001). Aspectos biológicos del callo de hacha, *Perna rugosa* (Sowerby, 1835), en Bahía Concepción, B.C.S. *INP-CRIP-La Paz B. C. S.* 2 p.

Cultivo de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* para su repoblación en el sistema lagunar El Colorado, Ahome, Sinaloa, México

Góngora-Gómez A., Hernández Sepúlveda J.A., García Ulloa-Gómez M., Domínguez Orozco A.

ana_laurado@yahoo.com

CIIDIR-UNIDAD SINALOA. Boulevard Juan de Dios Batís Paredes #250 e/ Calle San Joachin y Calle 100. Col. San Joachin. C.P. 81100. Guasave, Sinaloa. Telf. (687)872-96-26

Resumen

En el presente estudio se analizaron los resultados obtenidos de la almeja catarina *Argopecten ventricosus*, evaluando la supervivencia y el crecimiento en relación con los parámetros físico-químicos y biológicos presentes en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa, México. El suministro permanente de semillas y la producción de larvas de almeja catarina en laboratorios de origen educativo y privado se ha visto afectado. La semilla utilizada en este estudio se obtuvo del medio natural por medio de canastas Nestier utilizadas como colectores colocadas sobre un *long line* en los meses de enero a marzo del 2005. Se distribuyó la semilla a una densidad de 80 organismos por canasta. Se realizaron biometrías, registro de parámetros físicos y químicos y limpieza de módulos quincenalmente, el monitoreo de nutrientes y clorofila fue mensual. Se registraron temperaturas del agua de 23,5-31,4° C, salinidad entre 35-40 ppm, el oxígeno disuelto osciló entre 4,31-10,35 mg/L, el pH fluctuó entre 8,29-8,62 upH, la transparencia del agua varió entre 0,9-1,3m, la profundidad entre 0,9-2,4m. Con respecto a los nutrientes, los intervalos fueron de 0,02-12,76 µM at/L para NID, fosfatos de 0,5-1,29 µM at/L, silicatos de 4,64-51,92 µM at/L y la clorofila de 1,12-4,52 mg/m³, lo cual muestra que tanto el lugar como el método de cultivo *long line* son favorables para el cultivo de almeja catarina. El crecimiento promedio mensual a lo largo fue de 9,77 mm, alcanzando la talla comercial de 51,86 mm y un peso promedio total de 33,35g a partir de semillas de 3 a 4 mm en 5 meses de cultivo con un porcentaje de supervivencia del 85%, representando una posibilidad para el cultivo piloto de esta especie y el repoblamiento en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa.

Palabras clave

Repoblación, almeja catarina, cultivo, *long-line*.

Introducción

Las variantes tecnológicas empleadas en diferentes países del mundo para el cultivo de pectínidos, como en Ecuador, es el cultivo intensivo, el cual puede realizarse en mar abierto empleando el sistema *long line* y posteriormente estos organismos llevados a estanquerías de granjas camaroneras en los meses de clima frío (Blacio *et al.*, 2002).

Con respecto a México, el cultivo de esta especie se inicio en 1976 (Félix *et al.*, 1989). Actualmente el cultivo se realiza en lagunas costeras del Pacífico y en el Golfo de California, empleando cultivos en suspensión y de fondo (Mazón 1996, Maeda *et al.*, 2000). En Sinaloa, el cultivo de almejas no se ha implementado por lo que se desconoce cómo podría responder *A. ventricosus* a las tecnologías de cultivo. En vista de ello, el presente trabajo pretende evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* y su interacción con los factores físico-químicos y biológicos durante el cultivo en el sistema lagunar Ensenada de Pabellones, Navolato, Sinaloa.

Metodología

Las semillas se obtuvieron del medio natural por medio de canastas Nestier utilizadas como colectores, colocadas sobre un *long-line* en los meses de enero a marzo del 2009. En abril del 2009 se distribuyó la semilla a una densidad de 200 organismos por canasta. Se realizaron biometrías, registro de parámetros físico-químicos y supervivencia quincenalmente, así como limpieza de los módulos de cultivo.

Resultados

Se obtuvieron 500 semillas del medio natural. Se registraron temperaturas del agua de 23,2-29,7° C, salinidad entre 35-40 ppm, el oxígeno disuelto osciló entre 5,6 -7,6 mg/l, el pH fluctuó entre 7,8-8,5 upH, la transparencia del agua varió entre 0,7-1,2 m, la profundidad entre 1,2-2,4 m. El crecimiento promedio mensual en largo fue de 8,93 mm, alcanzando la talla de 35,78 mm y un peso promedio total de 11,58 g, a partir de semillas de 3 a 4 mm en cuatro meses de cultivo, con un porcentaje de supervivencia del 35%

Discusión

De acuerdo con los datos registrados en la laguna Ensenada de Pabellones, Navolato, Sinaloa. *A. ventricosus* alcanzó la talla de 35,78 mm en 4 meses, lo cual es aceptable con respecto a la información que existe sobre el cultivo de esta especie (Félix Pico *et al.*, 1989; Reyes 1990; Maeda *et al.*, 1997; López-Alcantar 2008). El periodo registrado para alcanzar la talla comercial de 50 mm en esta especie puede ser de 6 a 8 meses de cultivo, independientemente de que se trate de técnicas de cultivo en superficie o fondo. La baja supervivencia para esta especie registrada para la laguna Ensenada de Pabellones se le atribuye a un mal manejo de los organismos durante el cultivo (falta de limpieza), así como también a la pérdida de un módulo del cultivo por efecto del viento y oleaje fuerte, aunado al efecto de la temperatura del agua sobre los organismos (Sicard *et al.*, 1999). Estos resultados muestran la factibilidad del cultivo de esta especie en la laguna Ensenada de Pabellones, Navolato, Sinaloa.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Sinaloa (CECyT- Sinaloa) y al IPN-CIIDIR- Sinaloa, por el apoyo logístico y económico brindado.

Referencias

- Blacio-Game E., Terranova L., Álvarez R. 2002. Técnicas usadas en el cultivo de Scallop *Argopecten circularis* (Sowerby, 1842) en Ecuador. *Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura*. 502-509
- Félix-Pico E., Tripp-Quezada A., Singh J. 1989. Antecedentes en el cultivo de *Argopecten circularis* (Sowerby) en Baja California Sur, México. *Inv. Marinas. CICIMAR* 4(1):73-92
- López-Alcantar, D. G. 2008. Cultivo experimental de la almeja catarina *Argopecten ventricosus* en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa. Tesis de Licenciatura. Universidad de Occidente-Guasave, Sinaloa. México. 64 p.
- Maeda-Martínez A., Reynoso-Granados, Monsalvo-Spencer, Sicard M. 1997. Suspension culture of catarina Scallop *Argopecten circularis* (Sowerby, 1842) in Bahía Magdalena, México, at different densities. *Aquaculture* 158:235-246
- Mazón-Suástegui J.M. 1996. Cultivo de la almeja catarina *Argopecten circularis*. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. (Eds.) Casas Váldez, M.G. Ponce Díaz 513-544 pp.
- Sicard M., Maeda-Martínez A., Reynoso-Granados T., Cavalho I. 1999. Optimum temperature

for growth in the catarina Scallop *Argopecten ventricosus* (Sowerby, 1842). *Journal of Shellfish Research* 18(2):385-392

Reyes-Sosa C. 1990. El cultivo de pectínidos en México. Serie Científica 1(1):25-29



CULTIVO DE LA ALMEJA CATARINA *Argopecten ventricosus*, PARA SU REPOBLACIÓN EN EL SISTEMA LAGUNAR EL COLORADO, AHOME, SINALOA, MÉXICO

Góngora-Gómez Andrés Martín¹, Hernández-Sepúlveda Juan Antonio² y García-Ulloa-Gómez Manuel³
Ana Laura Domínguez Orozco

1 Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Sinaloa, Blvd. Juan de Dios Batiz Paredes # 250, Col. San Joaquín, Guasave, Sinaloa, México. C. P. 81101. Tel 6878729625 y 6878729626. *gogame6@hotmail.com
2 Centro de Estudios Justo Sierra, Surutato, Badiraguato, Sinaloa, México.
3 Universidad Autónoma de Guadalajara, Laboratorio de Ciencias Marinas, Barra de Navidad, Jalisco, México.



INTRODUCCIÓN

Cuando el recurso natural es abundante se puede captar muy fácilmente semilla silvestre de varias especies de moluscos, mediante la instalación de colectores artificiales que son suspendidos en el mar durante la época reproductiva de la especie que interesa; el problema se presenta cuando por causas naturales o humanas, no existe una población reproductora que produzca suficientes larvas para proveer al abastecedor de semilla silvestre, lo cual ha venido sucediendo en años recientes en diferentes partes del mundo con distintas especies de interés comercial (Ardey, 1991; estado en Mazón-Suástegui, 1996). Las investigaciones llevadas a cabo en el cultivo de moluscos, han podido definir las fases técnicas de cultivo para combinar actividades de laboratorio y campo, y así iniciar procesos de producción piloto y comercial de bivalvos (Blacio-Gams, Lombelós Terranova y Álvarez Noboa, 2002). El cultivo de *Argopecten ventricosus* en México se inició en 1976 (Félix et al., 1989); y actualmente se realizan en lagunas costeras del Pacífico y en el Golfo de California, empleando cultivos en suspensión y de fondo (Mazón-Suástegui, 1996; Maeda-Martínez et al., 1997).

OBJETIVO

Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de *Argopecten ventricosus* en relación con los parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Laguna El Colorado se localiza al norte del estado de Sinaloa entre las coordenadas 25° 39' y 25° 47' de latitud norte y los 109° 16' y 109° 24' de longitud oeste (Figura 1). Se utilizaron 2,000 semillas colectadas del medio natural en la laguna El Colorado, México. La siembra se realizó en Abril del 2005; proceso que consistió inicialmente en colectar las semillas de los módulos colectores y colocarlos dentro de bolsas de tela mosquetero para formar módulos de siembra. Los registros de biometrías, temperatura del agua y la salinidad se realizaron cada 15 días, y mensual, los análisis para clorofila. Los datos se sometieron a pruebas de correlaciones de Spearman ($\alpha=0.05$) empleando el paquete Excel 2003.

RESULTADOS

Durante el desarrollo del cultivo experimental de *A. ventricosus* en la laguna El Colorado, Sinaloa, la temperatura del agua registrada fue de 23.6-31.4 °C, salinidad entre 36-40 ppm (Figura 2a), el oxígeno disuelto osciló entre 4.31-10.35 mg/l, el pH fluctuó entre 8.29-8.62 upH (Figura 2b). La transparencia del agua varió entre 0.9-1.3 m, la profundidad entre 0.9-2.4 m (Figura 2c). Con respecto a los nutrientes (NIT, fosfatos, silicatos) y clorofila, los intervalos de 4.64-51.92 µM atil, para NIT, fosfatos de 0.5-1.29 µM atil, silicatos promedio mensual en largo fue 9.77 mg/l, y clorofila de 1.12-4.52 mg/m³. El crecimiento mensual en largo fue 9.77 mm, alcanzando la talla comercial de 51.85 mm (Figura 3) y un peso promedio total de 33.35 g, a partir de semillas de 3 a 4 mm, en 5 meses de cultivo (Figura 4), con un porcentaje de sobrevivencia del 85 %.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos registrados en la laguna El Colorado, *A. ventricosus* alcanzó la talla comercial en 5 meses, lo cual es aceptable con respecto a la información que existe sobre el cultivo de esta especie. De acuerdo (Félix-Pico y al., 1989), con Reyes (1990), Maeda et al. (1997) el periodo registrado para alcanzar la talla comercial de 50 mm en *A. ventricosus* puede estar de 6.5 a 8 meses, independientemente de que se trate de cultivos en suspensión o fondo. Respecto a las variables biológicas versus las características físico-químicas de la especie, se evidenció una relación estrecha entre la estacionalidad y los parámetros físico-químicos biológicos del agua. De tal forma que el crecimiento y la sobrevivencia de *A. ventricosus* en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa, México, están probablemente influenciados por la disponibilidad de alimento y la temperatura. Esta observación esta fundamentada en el hecho de que las semillas que se emplearon en el cultivo experimental fueron recogidas en la propia laguna El Colorado y entonces están adaptadas a las condiciones físicas presentes en el cuerpo acuático, la talla reproductiva reportada para *A. ventricosus* es de 38 a 42 mm de longitud anterior posterior (Villalajo y Ochoa, 1992). De acuerdo con la literatura consultada, en este estudio se pudo registrar un ciclo de desove en la laguna El Colorado.

LITERATURA CITADA

Díaz-Plata, G. (2007). Cultivo experimental de la almeja mar de leche *Argopecten ventricosus* (Sowerby, 1842) en la zona norte de Sinaloa, México. Tesis de Maestría. CICIR-IPN Unidad Sinaloa, México.

Félix-Pico, E. A., A. Frío-Duacastel, Singh Castellanos, J. (1989). Acostumbramiento en el cultivo de *Argopecten crenatus* (Sowerby), en Baja California Sur, México. Inv. marítim. CICIMAR 4(1): 73-82.

Maeda-Martínez, A. N., T. Reynoso-García, Mariano-Spencer, Sicaud, M. T., Mazón-Suástegui, J. M., Hernández, O., Segura, E., Morales, R. (1997). Suspension culture of Catarina scallop *Argopecten crenatus* (Sowerby) in Bahía Magdalena, Mexico, at different densities. *Aquaculture* 158:239-246.

Mazón-Suástegui, J. M. (1996). Cultivo de la almeja catarina *Argopecten ventricosus*. Estudio del potencial pesquero y acuicola de Baja California Sur. (Cita) *Cienc. y Salud* Méj. 1(1): 133-144.

Reyes-Sosa C. (1990). El cultivo de pectínidos en México. Serie Científica, Vol 1, Número Especial 1. IANIG UAIBS México 25:2.

INTRODUCCIÓN

Cuando el recurso natural es abundante se puede captar muy fácilmente semilla silvestre de varias especies de moluscos, mediante la instalación de colectores artificiales que son suspendidos en el mar durante la época reproductiva de la especie que interesa; el problema se presenta cuando por causas naturales o humanas, no existe una población reproductora que produzca suficientes larvas para proveer al abastecedor de semilla silvestre, lo cual ha venido sucediendo en años recientes en diferentes partes del mundo con distintas especies de interés comercial (Ardey, 1991; estado en Mazón-Suástegui, 1996). Las investigaciones llevadas a cabo en el cultivo de moluscos, han podido definir las fases técnicas de cultivo para combinar actividades de laboratorio y campo, y así iniciar procesos de producción piloto y comercial de bivalvos (Blacio-Gams, Lombelós Terranova y Álvarez Noboa, 2002). El cultivo de *Argopecten ventricosus* en México se inició en 1976 (Félix et al., 1989); y actualmente se realizan en lagunas costeras del Pacífico y en el Golfo de California, empleando cultivos en suspensión y de fondo (Mazón-Suástegui, 1996; Maeda-Martínez et al., 1997).

OBJETIVO

Evaluar el crecimiento y la sobrevivencia de *Argopecten ventricosus* en relación con los parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa.

MATERIAL Y MÉTODOS

Laguna El Colorado se localiza al norte del estado de Sinaloa entre las coordenadas 25° 39' y 25° 47' de latitud norte y los 109° 16' y 109° 24' de longitud oeste (Figura 1). Se utilizaron 2,000 semillas colectadas del medio natural en la laguna El Colorado, México. La siembra se realizó en Abril del 2005; proceso que consistió inicialmente en colectar las semillas de los módulos colectores y colocarlos dentro de bolsas de tela mosquetero para formar módulos de siembra. Los registros de biometrías, temperatura del agua y la salinidad se realizaron cada 15 días, y mensual, los análisis para clorofila. Los datos se sometieron a pruebas de correlaciones de Spearman ($\alpha=0.05$) empleando el paquete Excel 2003.

RESULTADOS

Durante el desarrollo del cultivo experimental de *A. ventricosus* en la laguna El Colorado, Sinaloa, la temperatura del agua registrada fue de 23.6-31.4 °C, salinidad entre 36-40 ppm (Figura 2a), el oxígeno disuelto osciló entre 4.31-10.35 mg/l, el pH fluctuó entre 8.29-8.62 upH (Figura 2b). La transparencia del agua varió entre 0.9-1.3 m, la profundidad entre 0.9-2.4 m (Figura 2c). Con respecto a los nutrientes (NIT, fosfatos, silicatos) y clorofila, los intervalos de 4.64-51.92 µM atil, para NIT, fosfatos de 0.5-1.29 µM atil, silicatos promedio mensual en largo fue 9.77 mg/l, y clorofila de 1.12-4.52 mg/m³. El crecimiento mensual en largo fue 9.77 mm, alcanzando la talla comercial de 51.85 mm (Figura 3) y un peso promedio total de 33.35 g, a partir de semillas de 3 a 4 mm, en 5 meses de cultivo (Figura 4), con un porcentaje de sobrevivencia del 85 %.

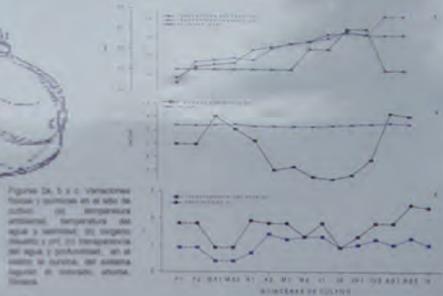


Figura 2. a, b, c. Variables físicas y químicas en el sitio de cultivo. (a) temperatura ambiente, temperatura del agua y salinidad; (b) oxígeno disuelto y pH; (c) transparencia del agua y profundidad, en el sitio de cultivo, del sistema lagunar de cultivo, Ahome, Sinaloa.



Figura 3. Crecimiento de *A. ventricosus* en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa.



Figura 4. Peso total de *A. ventricosus* en la laguna El Colorado, Ahome, Sinaloa.



Figura 1. Localización geográfica del área de estudio de la almeja catarina *A. ventricosus* en el estero La Curvina del sistema lagunar El Colorado, Ahome, Sinaloa.

Elaboración y evaluación de ensilado biológico de subproductos de tilapia *Oreochromis niloticus*

Bringas-Alvarado L.^{1*}, Zamorano-Ochoa¹ A., González-Félix¹ M.L., Navarro-García¹ G., Cárdenas-López² J.L., Pérez-Velázquez¹ M.

¹Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad de Sonora. Edificio 7-G, Blvd. Luis Donaldo Colosio s/n, e/Sahuaripa y Reforma, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. *lbringas@guayacan.uson.mx

²Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora. A.P. 1658, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México.

Introducción

La captura mundial de peces e invertebrados se estima en alrededor de 100 millones de toneladas métricas, y ha permanecido relativamente constante en los últimos años. Solo un porcentaje de las capturas es usado para consumo humano, pero durante el procesamiento de estos recursos marinos se produce aún una gran cantidad de subproductos y descargas a los que no se les da un uso adecuado (Sahidi, 2007).

Aunque se han logrado avances en la utilización de subproductos del procesamiento de productos marinos, falta mucho por hacer. Uno de los productos que se pueden obtener de subproductos de pescado es el ensilado. Puede elaborarse a partir de toda clase de peces de bajo valor o de subproductos generados del procesamiento de pescado de mayor valor comercial. El ensilado de pescado y subproductos después del fileteo (cabeza, cola, vísceras, esqueleto, piel) se han utilizado como un ingrediente alternativo a la harina de pescado en alimentos para animales, en vista de su alto costo y variable disponibilidad (Brown y Sumner, 1985).

El ensilado de pescado puede prepararse por preservación ácida (ensilado ácido) o por fermentación microbiana anaeróbica (ensilado microbiano). Éste último es relativamente más barato de producir y la tecnología es sencilla, pudiéndose utilizar en áreas rurales, con lo cual se generan fuentes de trabajo en países en desarrollo (Dhateemwa, 1989).

El estado de Sonora, en el noroeste de México, se distingue por ser el líder en producción de camarón y en los últimos años está emergiendo como productor importante de tilapia. Su procesamiento genera subproductos de pescado que pueden ser utilizados para generar nuevos ingredientes para la industria de alimentos balanceados con un beneficio económico adicional para los pequeños productores. Por lo anterior, el presente trabajo plantea utilizar los subproductos del fileteo de tilapia a través de la elaboración de ensilado fermentado como un ingrediente potencial para alimento balanceado en acuicultura.

Maetodología

Muestra

Se colectaron 30 organismos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Granja acuícola Sanagro, S.A.de C.V., (Fig. 1) ubicada en la Presa Plutarco Elías Calles “El Novillo” Tepupa, Municipio San Pedro de la Cueva, Sonora.



Figura 1.- Granja Sanagro, S.A. de C.V. Presa Plutarco Elías Calles, Municipio San Pedro de la Cueva, Sonora.

Se transportaron al laboratorio de Nutrición Acuícola del Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora (DICTUS), en Hermosillo, Sonora, México, en suficiente hielo para mantener una temperatura aproximada de 4°C. En el laboratorio se congelaron a -20°C; hasta su análisis y proceso.

Obtención de subproductos

Los organismos se filetearon y separaron los subproductos, para ser almacenados a -20°C hasta su uso y evaluación (Fig. 2).

Los subproductos del fileteo de tilapia se molieron en un molino de carne con dado de 3 mm de diámetro. Se elaboró el ensilado biológico con los siguientes ingredientes: 300

g de homogenizado de subproductos, 45 g de melaza como fuente de carbohidratos para la fermentación, 30 g de inóculo (*Lactobacillus* ssp. del yogurt natural), se agregó 30 g de ácido láctico al 6% como iniciador, ya que es necesario acelerar el proceso de fermentación y así evitar la descomposición del ensilado debido a las altas temperaturas de la región. También se añadió 0,009 g de ácido sórbico como fungicida. La mezcla se incubó anaeróbicamente a $30\pm 2^{\circ}\text{C}$, se agitó diariamente y se mantuvo así por trece días.

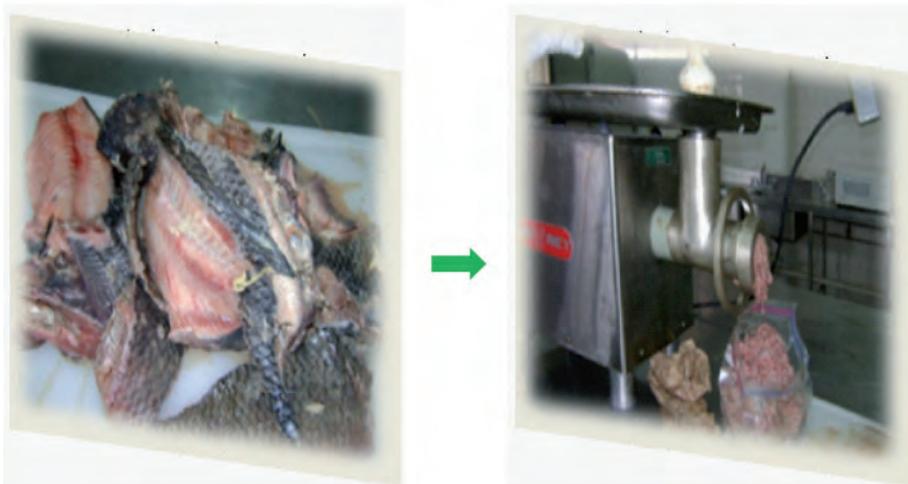


Figura 2.- Obtención de subproductos para la elaboración de ensilado fermentado.

Análisis

- pH: Se utilizó un potenciómetro digital (Hanna pH 210, precisión $\pm 0,01$) previamente calibrado a pH 4 y 7 a temperatura ambiente. Durante el período de fermentación se midió cada 24 horas los primeros cuatro días, posteriormente cada tercer día durante nueve días más.
- Acidez titulable: Evaluado por método volumétrico ácido-base, según metodología A.O.A.C. (1996). Durante el período de fermentación se midió cada 24 horas los primeros cuatro días, posteriormente cada tercer día durante nueve días más. Los resultados se expresaron en porcentaje de ácido láctico.
- Análisis Proximal: Humedad, cenizas, proteína cruda y grasa total, evaluados por triplicado en muestras de subproductos frescos (SF) y de ensilado fermentado (EF) mediante técnicas oficiales de A.O.A.C. (2005).
- Perfil de ácidos grasos: Realizando extracción de lípidos siguiendo la metodología descrita por Folch *et al.* (1957). Metilación de los ácidos grasos extraídos por Ce 2-66, A.O.C.S. (1994). Resuspensión en hexano de los metilésteres y cuantificación del perfil de ácidos grasos en cromatógrafo de gases Varian CP-3800 equipado con columna capilar omega-wax Fused silica 30m x 0,25mm y un detector de ionización

de flama. Los metilésteres de ácidos grasos se reportan como porcentaje del total identificados, utilizando ácido tricosanoico 23:0 como estándar interno.

- Perfil de aminoácidos: Método descrito por Vazquez *et al.* (1995). Previa hidrólisis con HCL 6 M y evaporación, la muestra se resuspendió con buffer de citrato de sodio pH 2,2. Derivatización con o-ftaldehído. Cuantificación de aminoácidos en cromatógrafo líquido de alta presión Varian mod. 9012 con una columna rainin microsorb short-one RP C-18, 3 µm, 10 cm x 4,6 mm ID y detector de fluorescencia a 340 y 455 nm. Se utilizó ácido alfa amino butírico como estándar interno.
- Efecto del ensilaje sobre proteínas sarcoplásmicas de subproductos y ensilado: Del extracto crudo obtenido por homogenización con buffer de fosfatos (pH 7,2), seguido de centrifugación a 4°C a 10,000 rpm durante 1 h. El análisis electroforético se realizó siguiendo la metodología de Laemmli (1970), en equipo Miniprotein® III. Para determinar los pesos moleculares de las fracciones separadas se incluyó un patrón de marcadores de peso molecular de amplio rango: aprotinina de pulmón bovino (6,5 kDa), α-lactoalbúmina de leche bovina (14,2 kDa), inhibidor de tripsina de soya (20 kDa), tripsinógeno del páncreas bovino (24 kDa), anhidrasa carbónica de eritrocitos de bovino (29 kDa), gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa del músculo de conejo (36 kDa), ovoalbúmina de huevo de pollo (45 kDa), y albúmina de suero de bovino (66 kDa).
- Digestibilidad *in vitro* (3). se siguió la metodología descrita por Hsu *et al.* (1977). Una muestra de 10 ml de proteína cruda (6,25 mg/mL) de cada extracto en agua destilada, se ajustó a un pH de 8,0 con NaOH 0.1N y/o HCl mientras se agitó a 37°C. Se añadió 1 mL utilizando la mezcla con 3 enzimas (1,6 mg/mL de tripsina, 3,1 mg/mL de quimotripsina y 1.3 mg/mL aminopeptidasa en agua, se ajustó a pH 8,0 con NaOH). Se midió la velocidad de cambio del pH de la mezcla después de 20 min de reacción, utilizando dicho dato en la siguiente ecuación:
 - ◇ % de Digestibilidad = 210,46 – 18,10 (X)
 - ◇ Donde X = pH después de 20 min. de reacción
- Análisis Estadístico: ANDEVA con nivel de significancia α=5% y prueba de Tukey para comparaciones múltiples de medias. JMP v. 8.0.2, SAS Institute Inc. Los datos de ácidos grasos y aminoácidos de subproductos frescos y ensilado se analizaron por correlación lineal. Los datos de digestibilidad *in vitro* se reportaron como valores promedio de 3 réplicas de subproductos frescos y ensilado.

Resultados y discusión

El ensilado presentó color café claro, consistencia pastosa (Fig. 3) y olor agridulce agradable.

Las características organolépticas del ensilado coinciden con las reportadas por Bertullo (1992) y Tatterson (1982) y corresponden a la categoría de buena calidad, señalada por Bello (1992), Berenz (2003) y Vidotti *et al.* (2003). La consistencia semipastosa se debe principalmente a la acción hidrolítica de las enzimas tanto de las vísceras de los subproductos, como a las que pertenecen a los microorganismos utilizados para la fermentación Tatterson y Windsor (1974).



Figura 3. -Ensilado fermentado.

El análisis de pH en el proceso de fermentación presentó valores menores a 4-6 de pH (4.58 a 4.35), mientras que en los de acidez se observó un aumento del porcentaje de ácido láctico hasta los 10 días y un descenso a los 13 días (Tabla I). Hay una correlación de -0,57 entre pH y acidez, lo cual indica un comportamiento inverso entre los dos parámetros.

Tabla I.- Valores* de pH y acidez titulable durante el tiempo de incubación del ensilado fermentado a partir de subproductos de tilapia *O. niloticus*.

Tiempo	Ensilado pH	Ensilado Acidez
0	4,31± 0,00 ^b	0,45 ± 0,00
24	4,60 ± 0,02 ^b	0,90 ± 0,00
48	4,42 ± 0,03 ^a	0,83 ± 0,30
72	4,56 ± 0,00 ^c	1,71 ± 0,12
96	4,40 ± 0,03 ^b	1,67 ± 0,20
120	4,35 ± 0,02 ^b	1,67 ± 0,20
168	4,35 ± 0,02 ^b	2,25 ± 0,00
240	4,35 ± 0,00 ^b	2,50 ± 0,50
312	4,35 ± 0,00 ^b	2,43 ± 0,00

*Los valores muestran la media de 3 réplicas ± la desviación estándar. Superíndices diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (P<0.05)

Los valores de pH obtenidos en los ensilados son adecuados para la conservación de los subproductos de tilapia sin tratamientos previos, encontrándose dentro de los rangos de valores reportados para alcanzar una buena estabilidad en el producto (Fagbenro y Jauncey, 1993a; Bello, 1992; Toledo y Llanes, 2007).

El análisis de los resultados de la composición proximal tanto de subproductos frescos como del ensilado (Tabla II) coinciden con otros reportes que afirman que la composición química no muestra diferencia entre el pescado usado como sustrato y el producto ensilado (Berenz, 2003; Fagbenro y Jauncey, 1993b; Vidotti *et al.*, 2003; Kompang, 1981).

Tabla II.- Promedio y desviación estándar de la composición proximal¹ de subproductos frescos y ensilado fermentado de subproductos de tilapia *O. niloticus*².

(%)	Subproductos frescos (SF)	Ensilado fermentado (EF)
Proteína cruda	41,8 ± 0,05 ^a	41,5 ± 0,03 ^a
Grasa cruda	12 ± 0,08 ^a	10,5 ± 0,04 ^b
Cenizas	10 ± 0,04 ^a	9,0 ± 0,31 ^a

¹Base seca

²Los valores muestran la media de 3 réplicas por tratamiento ± la desviación estándar (D.E.). Los valores con el mismo superíndice en cada columna no son significativamente diferentes

El análisis del perfil de ácidos grasos (Fig. 4), muestra que los ácidos grasos con mayores porcentajes en SF y en EF fueron los ácidos palmítico C16:0 (25,56 y 31,48%, respectivamente), palmítoleico C16:1 (6,70 y 8,60%, respectivamente), linoleico C18:2n-6 (34,31 y 39,61%, respectivamente) y linolénico C18:3n-3 (11,51 y 13,75%). El ácido tricosanoico (23:0) se utilizó como estándar interno.

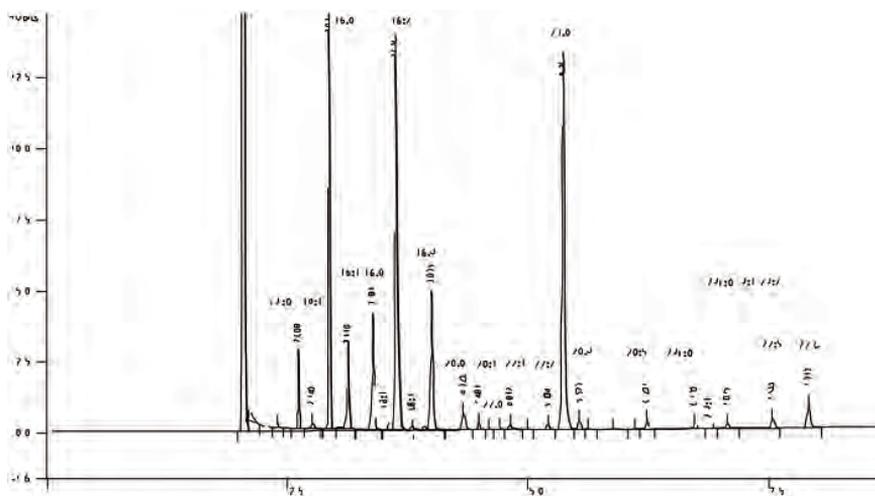


Figura 4.- Cromatograma de perfil de ácidos grasos de EF.

Los aminoácidos con mayores valores (g/100g) en EF: glutámico (14,910), aspártico (9,584), metionina (10,10), lisina (10,31), leucina (7,41), valina (5,11). Los aminoácidos afectados durante el proceso fueron: glicina que se redujo de 15,92 a 4,83; arginina de 6,98 a 5,12; alanina de 7,38 a 5,11; tirosina de 4,22 a 4,19. El triptófano (0,517 y 0,516 para SF y EF) es el más lábil a pH bajo.

Los resultados del análisis electroforético (Fig. 5) muestran el densitograma del estándar de proteínas de peso molecular amplio rango (A). Se observó que el extracto de subproductos frescos (B) presenta picos que corresponden normalmente a proteínas de la fracción sarcoplásmica y que abarcan el amplio espectro de pesos moleculares, en cambio el extracto del ensilado (C) presentó una disminución en gran medida de la intensidad de las proteínas de alto peso molecular en el rango de 200 a 55 kDa mientras que aumentó la cantidad e intensidad de las proteínas de bajo peso molecular que se encuentran entre 50 y 6,5 kDa.

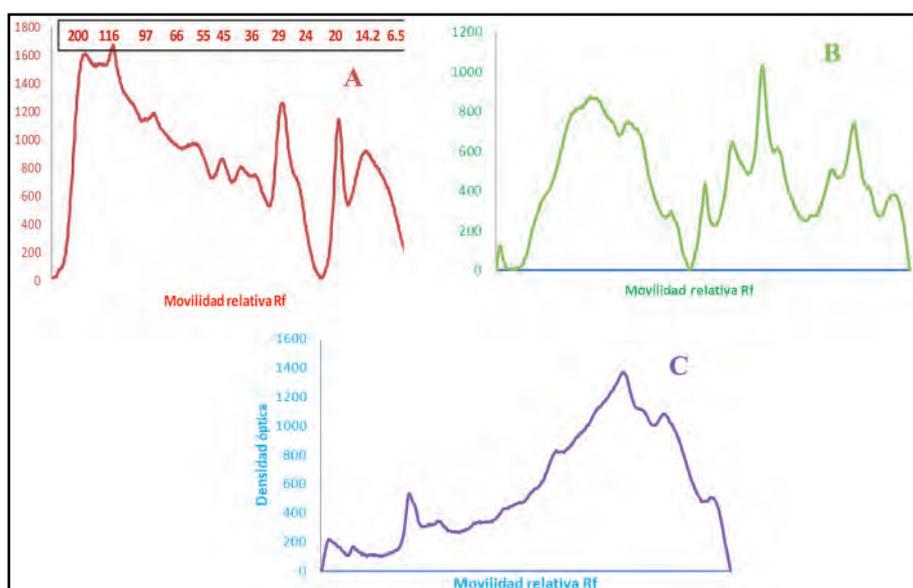


Figura 5.- Densitogramas de extractos de proteínas sarcoplásmicas de SF y EF de subproductos de tilapia *O. niloticus*. A) Estándares de proteínas de peso molecular de amplio rango; B) Extracto de SF; C) Extracto de EF.

Es importante el efecto hidrolítico por el impacto que puede tener en la digestibilidad del ingrediente, siendo en este experimento los valores obtenidos para SF: $72,35 \pm 0,25$ y $74,44 \pm 0,12$ para EF.

Conclusiones

El proceso de ensilado de los subproductos de tilapia no afecta la composición química proximal ni el perfil de ácidos grasos. Mejora la disponibilidad de aminoácidos esenciales mediante el proceso de hidrólisis y bajo pH. Los péptidos que se generan en el ensilado además de presentar una buena digestibilidad, pueden promover mayor potencial quimioatractante y quizás estimular el consumo de alimento al incluirse en alimento para organismos carnívoros u omnívoros.

Referencias

- A.O.A.C., 1996. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. 16th ed. Washington, D.C.
- A.O.A.C., 2005. Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. 18th ed. Washington, D.C.
- A.O.C.S. American Oil Chemists' Society. 1994. Official recommended practices of American Oil Chem. Soc. Champaign, IL.
- Balsinde Ruano M., Fraga Castro I., Galindo López J. 2003 Inclusión del ensilado de pescado: Alternativa en la elaboración de un alimento extruido para el camarón de cultivo. *Rev. Panorama Acuícola*.
- Bello R. Gutiérrez M. Ottati, Martínez A. 1992. Estudio sobre la elaboración de ensilado de pescado por vía microbiana en Venezuela, FAO. *Informe de pesca* 1992 (441), 368.
- Berenz Z. 2003. Utilización del ensilado de residuos de pescado en pollos. En: Taller Tratamiento y utilización de desechos de origen animal y otros desperdicios en la ganadería". FAO. La Habana.
- Bertullo E. 1992. Ensilado de pescado en la pesquería artesanal. Consulta de expertos sobre tecnologías de productos pesqueros en América Latina. 2. Montevideo. Roma, FAO. 49 pp.
- Brown N., Sumner, J. 1985. Fish silage. In *Spoilage of Tropical Fish and Product Development*, ed A. Reilly. FAO Fisheries Report No. 317 Supplement, FAO, Rome, pp. 404-413.
- Dhatemwa C.M. 1989. Simple Methods of Processing Fish for Animal Feeds. In Tall, A. (Ed.), *Proc. FAO Consultation on Fish Tech. in Africa*. FAO Fisheries Report N°. 400. Supplement, FAO, Rome. pp. 203-206.
- Fagbenro O.A., Jauncey K. 1993a. Chemical and nutritional quality of raw, cooked and salted fish silages. *Food Chemistry*, (48), 331-335.
- Fagbenro O.A., Jauncey. K. 1993b. Chemical and nutritional quality of dried fermented fish silages and their nutritive value for tilapia (*Oreochromis niloticus*) Institute of Aquaculture, University of Stirling, *Elsevier Science Publisher*, (93), 00517-Y16.

- Folch J, Lees M. y Stanley. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*. Official Methods of Analysis, 15^a ed. Washington, D. C.
- Hsu H.W., Vavak D.L., Satterlee L.D., Miller G.A. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*, 42, 1269-1273.
- Kompiang I.P. 1981. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. *Indonesia Agriculture Research and Development Journal* 3, 9-12.
- Laemmli U.K. 1970. Cleavage of structural protein during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227 (15), 680-685.
- Sahidi F. 2007. Maximizing the value of marine by-products. CRC Press. England, pp. xxii-xxv.
- Tatterson J. N. 1982. Fish silage preparation, properties and uses. *Anim. Feed Sci. and Technology*, 7, 153.
- Tatterson I. y Windsor M. 1974. Torry test practical value of fish silage *L. Sc. Fd. Agric.* pp: 25-36.
- Toledo P. J., Llanes I. J. 2007. Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. *Revista Aquatic*, N°. 25: 28-33.
- Vázquez F.A., Ortiz G., Higuera-Ciapara I., Hernández G. 1995. High Performance Liquid Chromatographic of free amino acid in shrimp. *Journal of liquid chromatographic*. 18(10), 2059-2068.
- Vidotti R.M., Viegas E.M.M., Carneiro D.J. 2003. Amino acid composition of processed fish silages using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*. 105: 199-204.



ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE ENSILADO BIOLÓGICO DE SUBPRODUCTOS DE TILAPIA *Oreochromis niloticus*



Bringas-Alvarado L.¹, A. Zamorano-Ochoa¹, M. L. González-Félix¹, G. Navarro-García¹, J.L. Cárdenas-López², M. Pérez-Velázquez¹

¹Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. ²Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora

ABSTRACT

A fermented silage from tilapia (*Oreochromis niloticus*) processing by-products (65-75%: head, tail, bones, guts and skin) was prepared. Fractions were homogenized and they were submitted to four experimental treatments, with two levels of molasses (10 and 15%) inoculated with 10% of either *Lactobacillus salivarius* or *Lactobacillus* spp. from yogurt, each with three replicates. Titration acidity and pH were recorded during 14 days. Treatment T4, with 10% *Lactobacillus* spp. and 15% molasses was significantly ($P < 0.0001$) faster in reaching a pH value of 4.58 to 4.35. Proximal composition, fatty acid and amino acid analyses, *in vitro* digestibility, as well as electrophoresis of sarcoplasmic proteins were performed. The silage had 41.5% crude protein, 10.5% crude fat, and 9.0% ash. Amino acid and fatty acid profiles of the fermented silage (EF) and fresh fish processing by-products (SF) did not differ. The silage produced protein hydrolysis, reflected in a good *in vitro* digestibility value (74.4%). Thus, the fermented silage from tilapia processing by-products generated a feedstuff of good protein quality to be used in aquafeeds.



OBJETIVO

Evaluación química y bioquímica de ensilado fermentado elaborado de subproductos después del fileteo de tilapia *Oreochromis niloticus*.

INTRODUCCION

Actualmente se descartan una gran cantidad de subproductos tanto de pesquerías como de acuicultura se requiere un uso integral a través del desarrollo de tecnologías más fáciles y eficiente (1), con uso potencial en acuicultura. En Sonora, como resultado del reciente auge del cultivo de tilapia. Se generan subproductos del fileteo de tilapia *Oreochromis niloticus*, que se pudieran aprovechar a través del uso de tecnologías de bajo costo como el ensilaje (2).

METODOLOGÍA

Materia prima



Figura 1. Granja Sanagro, S.A. de C.V. Píscis Plutarco Elias Calles, Municipio San Pedro de la Cueva, Sonora.



Figura 3. Cromatograma de perfil de ácidos grasos de EF

Proceso de ensilaje

Tabla 1. Tratamientos experimentales para obtención de subproductos de

Treatment	Acido láctico ¹ (%)	Inóculo 15% ²	Molasa ³ (%)
T ₁	10	BAI/7 (10)	10
T ₂	10	BAI/7 (10)	15
T ₃	10	L ¹ (10)	10
T ₄	10	L ¹ (10)	15

¹ Inóculo: ²BAI, L. ³ Lactobacillus spp (yogurt natural)

Incubación: 30°C ±2°C

Análisis

- pH
- Proximal
- Perfil de ácidos grasos
- Perfil de aminoácidos
- Efecto del ensilaje sobre proteínas sarcoplásmicas:
- Digestibilidad *in vitro* (3).
- Estadístico: ANDEVA con nivel de significancia 0.05 y prueba de t-testy para comparaciones múltiples de medias. JMP v. 8.0.2, SAS Institute Inc.

RESULTADOS

Los ensilados presentaron color café claro, consistencia pastosa y olor agradable. Tanto el factor inóculo como concentración de melaza influyen significativamente ($p < 0.0001$), en el pH del ensilado, la mejor combinación fue *Lactobacillus* spp. al 10% y 15% de melaza. Los resultados (4 y 5).

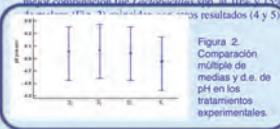


Figura 2. Comparación múltiple de medias y d.e. de pH en los tratamientos experimentales.

	SF	EF
Humedad	61.0 ± 0.11*	53.5 ± 0.01*
Proteína cruda	41.8 ± 0.05*	41.5 ± 0.03*
Grasa cruda	12 ± 0.08*	10.5 ± 0.04*
Cenizas	10 ± 0.04*	9.0 ± 0.31*

Valores de tres réplicas.
* Mismo superíndice no hay diferencia significativa.

Los ácidos grasos que presentaron mayores porcentajes tanto en SF y en EF fueron palmítico C16:0 (25.56 y 31.48) respectivamente, palmítico C16:1 (6.70 y 8.60), linoleico C18:2 (31.51 y 38.61) y esteárico C18:0 (11.51 y 12.75).

Los aminoácidos con mayores valores (g/100g) en EF: glutámico (14.910), aspártico (9.584), metionina (10.10), leucina (10.31), leucina (7.41), valina (5.11). Los aminoácidos afectados durante el proceso fueron: glicina de 15.92 a 4.83; arginina de 6.88 a 5.12; alanina de 7.38 a 5.11; tirosina de 4.22 a 4.19; triptófano (0.517 y 0.516 para SF y EF es el más lábil a pH bajo).

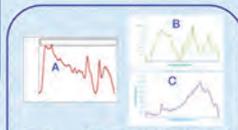


Fig. 4. Densitogramas de extractos de proteínas sarcoplásmicas de SF y EF de subproductos de tilapia *O. niloticus*. A) Estándares de proteínas de peso molecular de amplio rango; B) Extracto de SF; C) Extracto de EF

Es importante el efecto hidrolítico por el impacto que puede tener en la digestibilidad, siendo en este experimento los valores obtenidos para SF: 72.35 ± 0.25 y 74.44 ± 0.12 para EF.

CONCLUSIONES

La concentración de melaza e inóculo y la interacción de ambos, fueron significativos en el ensilaje fermentado. Este proceso no afecta la composición química proximal y perfil de ácidos grasos. Mejora la disponibilidad de aminoácidos esenciales por la hidrólisis debido a baja de pH. Los péptidos que se generan en el ensilado además de promover buena digestibilidad, pueden también generar mayor potencial quimioatrayente y quizá aumentar el estímulo nutritivo en organismos carnívoros.

REFERENCIAS

1. Gallet, F. (2007). Maximizing the value of marine byproducts. CRC Press, England, pp. 169-170.
2. Chittamra, C.M. (1986). Simple Methods of Processing Fish for Animal Feeds. In: Bell, A. (Ed.), Proc. FAO Consultant on Fish. Fish. in Africa. FAO Fisheries Report No. 400. Bugambira, FAO, Rome, pp. 200-206.
3. Hsu, H.W., Vivak, D.L., Satterlee, L.D. y Miller, G.A. 1977. A multivariate technique for estimating protein digestibility. Journal of Food Science. 42:1269-1273.
4. Ballesteros-Romero M., Pineda Castro L., Galindo López J. 2003. Inculación del ensilado de pescado. Alternativa en la obtención de un alimento nutritivo para el cultivo de tilapia. Rev. Panam. Acad. Cienc. 5: 14-18.
5. Rajaguru, G. y K. Joubert. 1995. Growth and protein utilization by juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dry diets containing acidified lactobacillus fermented fish silage and protein concentrates. Bioresource Technology. 51:29-35.
6. Mohr, R.M., D.J. Calverley, E.M. Meehan-Veagas. 2006. Acid and ammonia tolerance: Characterization and Co-Determination of Apparent Digestibility Coefficients of Crude Protein for Pacific Penaeus. Invertebrate Journal of the World Aquaculture Society. 33(1):57-62.

AGRADECIMIENTO

A la Granja Acuicola SANAGRO, S.A. de C.V.

Evaluación del efecto tóxico producido por *Prorocentrum lima* en células de branquia y hemolinfa de mejillón

Flórez-Barrós F., Fernández-Tajes J., Méndez J.

Departamento de Biología Celular y Molecular. Facultad de Ciencias, Universidade da Coruña. Campus A Zapateira s/n, 15071, A Coruña (España). e-mail: fflorez@udc.es

Resumen

La utilización de biomarcadores constituye una herramienta útil para la detección temprana de contaminación y la evaluación de la calidad ambiental. Actualmente, el ensayo del cometa representa uno de los biomarcadores citogenéticos más utilizados por ser rápido, fiable y eficaz a la hora de evaluar el daño genético producido por la contaminación.

En el medio marino los mejillones constituyen uno de los organismos centinela de la contaminación, y además representan un gran interés debido a que son especies que son consumidas habitualmente por el hombre. El síndrome de la intoxicación diarreica (DSP) está producido por la ingestión de moluscos contaminados con dinoflagelados productores de toxinas lipofílicas, de las cuales, la más común en Galicia es el ácido okadaico (OA).

En este estudio, se evalúa mediante el ensayo del cometa, el daño genético en células de branquia y hemolinfa ocasionado por la exposición de mejillones *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) al dinoflagelado *Prorocentrum lima* (Ehrenberg, Dodge, 1975), productor de OA.

Palabras clave

Biomarcador, *Mytilus galloprovincialis*, ensayo del cometa, ácido okadaico, *Prorocentrum lima*

Introducción

El síndrome de intoxicación diarreica (Diarrheic Shellfish Poisoning, DSP), causado por toxinas lipofílicas producidas por dinoflagelados del género *Dinophysis* y *Prorocentrum*, es una enfermedad gastrointestinal que aparece unas horas después de haber ingerido moluscos contaminados (Yasumoto *et al.*, 1978, Van Egmond *et al.*, 2004). El ácido okadaico (OA) es la toxina lipofílica más común en la costa noroeste de España, y específicamente en Galicia, región europea líder en la producción comercial de mejillón. Los episodios tóxicos ocurren a lo largo del año con mayor o menor intensidad, y durante ese tiempo, los polígonos de extracción deben permanecer cerrados.

En este contexto, el uso de biomarcadores a nivel molecular y celular resulta de gran importancia como una herramienta sensible de evaluación temprana de la calidad ambiental (de la Torre *et al.* 2005, Carajaville *et al.*, 2000, Chèvre *et al.*, 2003, Sarkar *et al.*, 2006), siendo el ensayo del cometa uno de los más ampliamente utilizados en el medio marino, por su rapidez, sensibilidad y eficacia. Los moluscos bivalvos son una opción adecuada para la biomonitorización del medio marino, por su amplia distribución, naturaleza sedentaria y la facilidad para su muestreo. Además, toleran un amplio rango de condiciones ambientales y concentran los tóxicos en su organismo debido a su naturaleza filtradora. Dentro de los bivalvos, los mejillones han sido utilizados como organismos centinela desde 1970 (Goldberg 1986, Goldberg and Bertine 2000, Budka *et al.*, 2010).

En este estudio evaluamos el daño en el ADN mediante el ensayo del cometa (Single-Cell Gel Electrophoresis, SCGE) en células branquiales y hemocitos del mejillón *Mytilus galloprovincialis*. Se tomaron medidas tras uno, dos y cuatro días de exposición al dinoflagelado. El contenido de OA en el tejido de los individuos fue también determinado.

Metodología

En este estudio, individuos de ambos sexos de *M.galloprovincialis* fueron muestreados de las rocas de una playa sin presencia de dinoflagelados (playa de Valcovo, A Coruña) y trasladados al laboratorio, donde se mantuvieron durante tres días en condiciones naturales de fotoperíodo y alimentados con algas no tóxicas *Isochrysis galbana* y *Tetraselmis suecica*, para su aclimatación a las condiciones del laboratorio.

Tras este tiempo, y en las mismas condiciones que durante el período de aclimatación, los individuos fueron divididos en tres grupos: (1) grupo control, (2) grupo tratado A, expuesto a 200 cél/ml de *Prorocentrum lima*, (3) grupo tratado B, expuesto a 20000 cél/ml de

P.lima.

El ensayo del cometa se llevó a cabo siguiendo la modificación de la técnica de Pérez-Cadahía *et al.*, 2004 en células de branquia (ya que es el primer tejido expuesto a los compuestos tóxicos) y células de hemolinfa (tejido responsable de los sistemas de transporte y defensa en moluscos bivalvos) tras uno, dos y cuatro días de exposición al dinoflagelado. Fueron evaluados diferentes parámetros, siendo la longitud de la cola del cometa (TL) el elegido para interpretar los resultados obtenidos.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra que, tras un día de tratamiento, el parámetro TL en células de branquia fue significativamente mayor en los grupos expuestos a 200 y 20000 cél/ml de *P.lima* que en los controles, mientras que transcurridos dos y cuatro días (Fig. 2 y 3, respectivamente), TL fue significativamente menor en los expuestos al dinoflagelado.

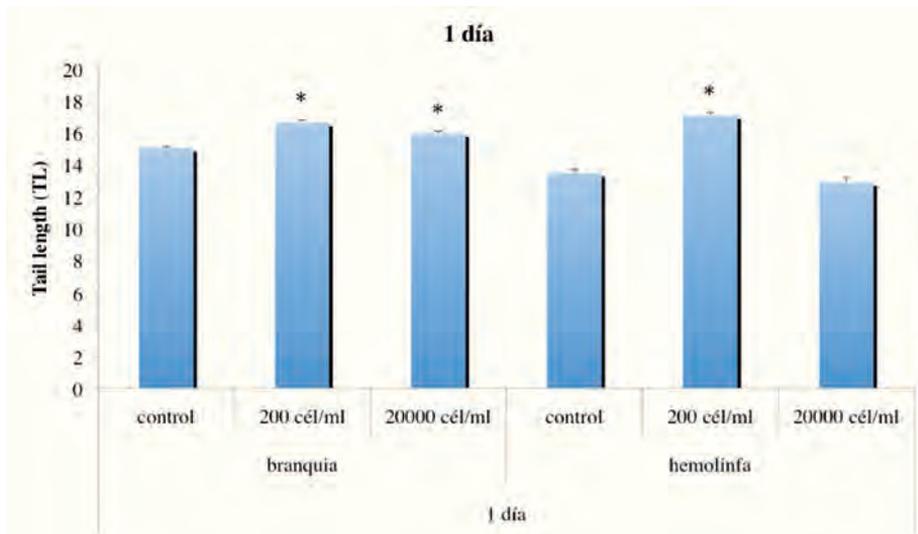


Figura 1.- Las barras representan la longitud de la cola del cometa (TL) en branquia y hemolinfa tras un día de alimentación *P. lima* \pm error estándar. *: p-valor < 0.05.

Los hemocitos muestran un incremento inicial en su daño genético después de un día de tratamiento solamente para la concentración más baja (Fig. 1), y tras dos días (Fig. 2) TL es significativamente menor para los dos grupos expuestos que para los controles. Transcurridos cuatro días, no aparecen diferencias entre el control y ninguno de los grupos expuestos al dinoflagelado (Fig. 3).

A su llegada al laboratorio, no fue detectado OA en el tejido de los mejillones, pero después de 1, 2 y 4 días de alimentación de los individuos con 200 y 20000 cél/ml de *P.lima*, el contenido de OA en el tejido de los mejillones aumenta de forma proporcional al tiempo y a la concentración empleada (Tabla 1).

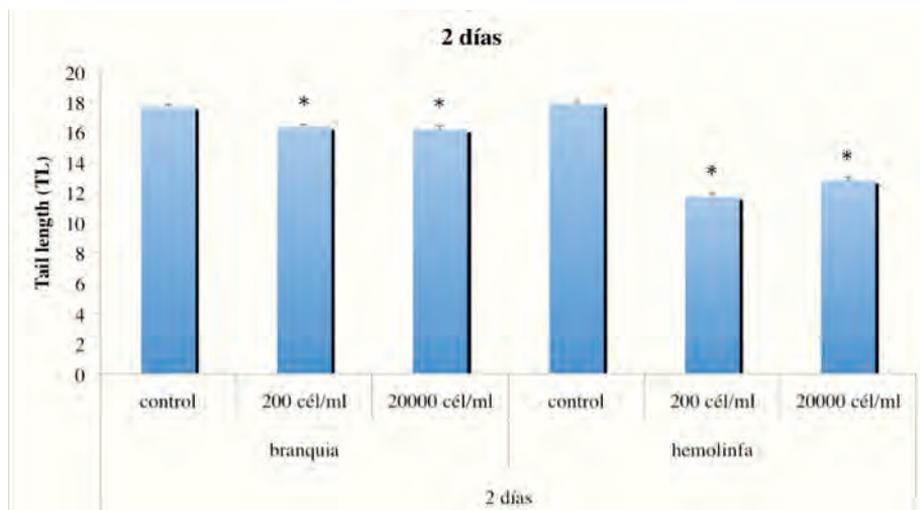


Figura 2.- Las barras representan la longitud de la cola del cometa (TL) en branquia y hemolinfa tras dos días de alimentación *P. lima* \pm error estándar. *: p-valor >0,05.

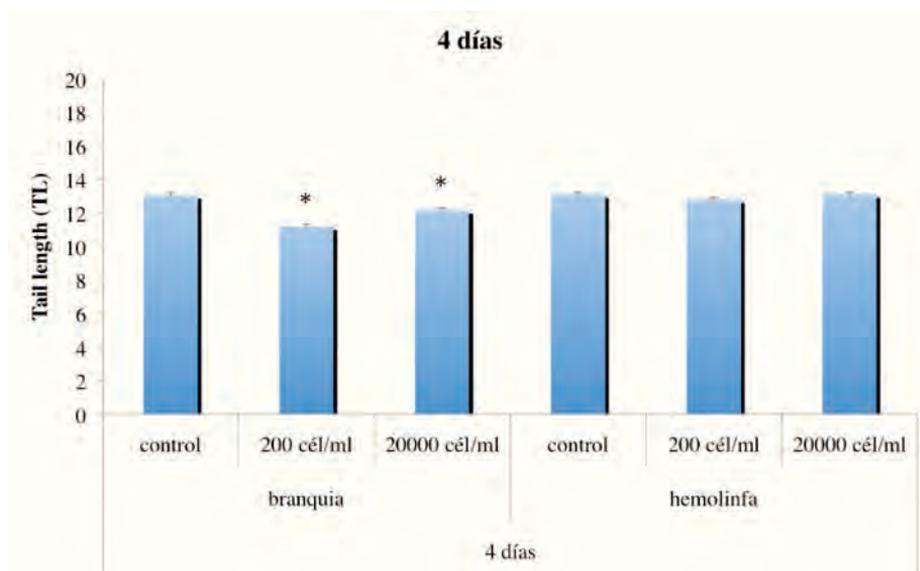


Figura 3.- Las barras representan la longitud de la cola del cometa (TL) en branquia y hemolinfa tras tres días de alimentación *P. lima* \pm error estándar. *: p-valor >0,05.

Tabla 1.- Concentración de OA en el tejido de los mejillones (ng/g).

	Concentración OA (ng/g)
Control	0
200 cél/ml 1 día	18,27
200 cél/ml 2 días	52,18
200 cél/ml 4 días	134
20000 cél/ml 1 día	1397
20000 cél/ml 2 días	2463
20000 cél/ml 4 días	6037

El análisis de los resultados obtenidos indica que a partir de una determinada concentración de OA en tejido, el daño detectado en los individuos expuestos es menor que en los controles. Un descenso en los parámetros genotóxicos asociado a una exposición a OA ya ha sido descrito por Carvalho Pinto-Silva *et al.*, (2005), y puede estar causado por una elevada mortalidad celular por la exposición excesiva a un agente genotóxico y/o citotóxico o por un efecto crónico, que provocaría que las células analizadas sean mayoritariamente células sanas, enmascarando los resultados reales, en los que existiría una gran cantidad de células con elevado daño genético que no son analizadas por encontrarse en estado de necrosis.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto *Evaluación de los efectos de la toxina marina ácido okadaico sobre la respuesta al daño en el ADN: impacto sobre la industria mejillonera* (EVALOA) del Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL-2009-13330-C02-01).

Referencias

- Budka M., Gabrys B, Ravagnan E. 2010. Robust predictive modelling of water pollution using biomarker data. *Water Research* 44 (10): 3294-3308.
- Carajaville M.P., Bebianno M.J., Blasco J., Porte C., Sarasquete C., Viarengo A. 2000. The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environment of the Iberian Peninsula: a practical approach. *The Science of the Total Environment* 247: 295-311.
- Carvalho Pinto-Silva C.R., Creppy E.E., Matias W.G. 2005. Micronucleus test in mussels

- Perna perna* fed with the toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima*. *Archives of Toxicology* 79: 422-426
- Chèvre N., Gagné F., Gagnon P., Blaise S. 2003. Application of rough sites analysis to identify polluted aquatic sites based on a battery of biomarkers: a comparison with classical methods. *Chemosphere* 51: 13-23
- Goldberg E. The mussel watch concept. 1986. *Environmental Monitoring and Assessment* 7 (1): 91–103
- Goldberg E., Bertine K. 2000. Beyond the Mussel Watch — new directions for monitoring marine pollution. *Science of the Total Environment* 247 (2–3): 165–174
- Pérez-Cadahía B., Laffon B., Pásaro E., Méndez J. 2004. Evaluation of PAH bioaccumulation and DNA damage in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) exposed to spilled *Prestige* crude oil. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* 138 (4): 453-460
- Sarkar A., Ray D., Shrivastava A.N. 2006. Molecular biomarkers: their significance and application in marine pollution monitoring. *Ecotoxicology* 15: 444-340
- De la Torre F.R., Ferrari L., Salibián A. 2005. Biomarkers of a native fish species (*Cnesterodon decemmaculatus*) application to the water toxicity assessment of a peri-urban polluted river of Argentina. *Chemosphere* 59(4): 577-583
- Van Egmond H.P., Van Apeldoorn M.E., Gja S. *Marine Biotoxins*, FAO, Rome (2004).
- Yasumoto T., Oshima Y., Yamaguchi M. 1978. Occurrence of a new type of shellfish poisoning in the Tohoku district, *Bulletin of the Japanese Society of Fisheries Sciences* 44: 1249–1255

Evaluación del efecto tóxico producido por *Prorocentrum lima* en células de branquia y hemolinfa de mejillón



Florez-Barrós, Fernanda; Fernández-Tajes, Juan; Méndez, Josefina

Departamento de Biología Celular y Molecular, Facultad de Ciencias, Universidade da Coruña, Campus A Zapateira s/n, 15071, A Coruña (España).

e-mail: fflorez@udc.es



Introducción

La utilización de biomarcadores constituye una herramienta útil para la detección temprana de contaminación y la determinación de la calidad ambiental. Actualmente, el ensayo del cometa representa una de las técnicas citogenéticas más utilizadas por ser rápido, fiable y eficaz a la hora de evaluar el daño genético inducido por fenómenos de contaminación.

En el medio marino los mejillones son considerados como organismos centinela de la contaminación, y además representan un gran interés debido a que son especies que son consumidas habitualmente por el hombre. El síndrome de la intoxicación diarreica (DSP) está producido por la ingestión de moluscos contaminados con dinoflagelados productores de toxinas lipofílicas, de las cuales, la más común en Galicia es el ácido okadaico (OA).

En este estudio, se evaluó mediante el ensayo del cometa, el daño genético en células de branquia y hemolinfa ocasionado por la exposición de mejillones *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) al dinoflagelado *Prorocentrum lima* (Ehrenberg, Dodge, 1975), productor de OA.

Material y métodos

Los mejillones de la especie *M. galloprovincialis* fueron divididos en tres grupos: (1) control, (2) grupo alimentado con 200 cél/ml de *P. lima* y (3) grupo alimentado con 20000 cél/ml de *P. lima*.

El ensayo del cometa se realizó en células de branquia y hemolinfa en 9 individuos de cada grupo después de uno, dos y cuatro días de exposición a las diferentes concentraciones del dinoflagelado.

Se determinó el contenido de OA en el tejido de los mejillones mediante HPLC-MS.

Resultados y discusión

La Figura 1 muestra que, tras un día de tratamiento, TL en células de branquia fue significativamente mayor en los grupos expuestos a 200 y 20000 cél/ml de *P. lima* que en los controles, mientras que transcurridos dos y cuatro días (Fig. 2 y 3, respectivamente), TL fue significativamente menor en los expuestos al dinoflagelado. Los hemocitos muestran un incremento inicial en su daño genético después de un día de tratamiento solamente para la concentración más baja (Fig. 1), y tras dos días (Fig. 2) TL es significativamente menor para los dos grupos expuestos que para los controles. Pasados cuatro días, no aparecen diferencias entre el control y ninguno de los grupos expuestos al dinoflagelado (Fig. 3).

A su llegada al laboratorio, no fue detectado OA en el tejido de los mejillones, pero después de 1, 2 y 4 días de alimentación de los individuos con 200 y 20000 cél/ml de *P. lima*, el contenido de OA en el tejido de los mismos aumenta de forma proporcional al tiempo y a la concentración empleada (Tabla 1).

Los resultados obtenidos indican que a partir de una determinada concentración de OA en tejido, el daño detectado en los individuos expuestos es menor que en los controles. Un descenso en los parámetros genotóxicos asociado a una exposición a OA ya ha sido descrito por Carvalho Pinto-Silva et al. (2005), y puede estar causado por una elevada mortalidad celular por la exposición excesiva a un agente genotóxico y/o citotóxico o por un efecto crónico, que provocaría que las células analizadas sean mayoritariamente células sanas, enmascarando los resultados reales, en los que existiría una gran cantidad de células con elevado daño genético que no son analizadas por encontrarse en estado de necrosis.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al proyecto *Evaluación de los efectos de la toxina marina ácido okadaico sobre la respuesta al daño en el ADN: impacto sobre la industria mejillonera* (EVALOA) del Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL-2009-13330-C02-01)

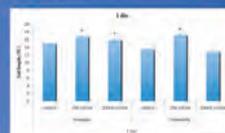


Fig. 1. Las barras representan la longitud de la cola del cometa (TL) en branquia y hemolinfa tras un día de alimentación *P. lima* ± error estándar. *; p-valor >0.05

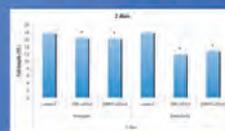


Fig. 2. Las barras representan la longitud de la cola del cometa (TL) en branquia y hemolinfa tras dos días de alimentación *P. lima* ± error estándar. *; p-valor >0.05

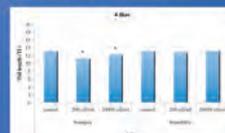


Fig. 3. Las barras representan la longitud de la cola del cometa (TL) en branquia y hemolinfa tras cuatro días de alimentación *P. lima* ± error estándar. *; p-valor >0.05

	Concentración OA (ng/g)
Control	0
200 cél/ml, 1 día	18,27
200 cél/ml, 2 días	52,18
200 cél/ml, 4 días	134
20000 cél/ml, 1 día	1397
20000 cél/ml, 2 días	2463
20000 cél/ml, 4 días	6037

Tabla 1. Concentración de OA en el tejido de los mejillones (ng/g)

Factibilidad de aclimatación del camarón azul, *Litopenaeus stylirostris*, a baja salinidad

Perez-Velazquez M., González-Félix M.L., Rosales-Leija M.

¹Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Edificio 7-G, Blvd. Luis Donald Colosio s/n, e/Sahuaripa y Reforma, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. E-mail: mperezv@dictus.uson.mx

Resumen

El camarón marino tradicionalmente es cultivado en aguas costeras o estuarinas. Sin embargo, el cultivo tierra adentro o en agua de baja salinidad ahora se practica en muchos países usando aguas subterráneas de baja salinidad. Ofrece ciertas ventajas, por ejemplo, bajo costo de la tierra, ambientes libres de enfermedades y un gran potencial para el cultivo integrado de agricultura-acuicultura. El camarón blanco de Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, es la especie de elección y habita en aguas con un amplio rango de salinidad de 1 a 40 ppt. Otras especies de camarones peneidos como el camarón azul, *L. stylirostris*, pudieran también tener características adecuadas para el cultivo en baja salinidad, pero muy poco se ha investigado a este respecto. El presente trabajo evaluó la factibilidad de aclimatación de *L. stylirostris* a baja salinidad, así como su crecimiento y supervivencia en un estudio con 32 días de duración. Las salinidades empleadas fueron 0,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15,0 y 25 partes por mil (ppt-partes por mil). Como control se incluyó un tratamiento con salinidad de agua marina natural (35 ppt). La totalidad de organismos sometidos a 0.0 ppmil murieron poco antes o después de alcanzar esta salinidad, no así los organismos de los demás tratamientos, que toleraron bien la aclimatación. Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el peso final, en donde el crecimiento de los camarones mantenidos a 2,5 ppt fue menor que el de todos los demás tratamientos. En orden decreciente, el desempeño en crecimiento correspondió a los tratamientos 35,0>5,0>25,0>10,0>7,5>15,0, pero sin diferencias estadísticas detectadas entre sí. La supervivencia de los camarones varió entre 64 y 89%, sin diferencias significativas detectadas entre los tratamientos.

Palabras clave

Litopenaeus stylirostris, cultivo en baja salinidad.

Introducción

El cultivo de especies de camarón marino en las últimas tres décadas ha tenido un enorme desarrollo. Las granjas de camarón contribuyen ahora con una proporción medular de la demanda mundial de camarón (Jory y Cabrera, 2003). El cultivo tierra adentro ahora se hace en muchos países. En los Estados Unidos, granjeros en Alabama, Arizona, Florida, Illinois, Indiana, Michigan, Mississippi, Carolina del sur y Texas han cultivado camarón marino usando aguas subterráneas de baja salinidad (Davis *et al.*, 2004). El camarón marino también ha empezado a producirse comercialmente en aguas de baja salinidad en otras regiones como Ecuador y Tailandia (Saoud *et al.*, 2003). Para el desarrollo de esta actividad, el camarón blanco de Pacífico *Litopenaeus vannamei* es la especie de elección. Se trata de una especie que habita en aguas con un amplio rango de salinidad de 1 a 40 ppt (Davis *et al.*, 2004; Bray *et al.*, 1994). El cultivo continental de esta especie ha sido exitoso en ciertos lugares, sin embargo, también se tienen diversos problemas como baja supervivencia y bajo crecimiento. El auge de esta moderna actividad ha impulsado la realización de ensayos con el efecto del nuevo ambiente, destacando algunos concernientes al cultivo de esta especie para estudiar tasas de aclimatación, periodo de habituación, desafíos iónicos, composición iónica de fuentes de agua y efecto de la edad de postlarvas (McGraw y Scarpa, 2004; McGraw *et al.*, 2002; Saoud *et al.*, 2003). El cultivo tierra adentro ofrece ciertas ventajas en comparación con el cultivo en zonas costeras; por ejemplo bajo costo de la tierra, ambientes libres de enfermedades y un gran potencial para el cultivo integrado de agricultura-acuicultura, facilitando el rápido desarrollo en estas regiones (Gong *et al.*, 2004).

Además de *L. vannamei*, existen otras especies presumiblemente también eurihalinas, tales como el camarón azul del Pacífico, *L. stylirostris*, que posee una alta tasa de crecimiento y cuenta con una tecnología de cultivo efectiva y probada, pero cuya factibilidad de cultivo en baja salinidad se desconoce, objetivo de la presente investigación.

Metodología

Se capturaron juveniles silvestres de *L. stylirostris* en el estero La Cruz, Bahía de Kino, Sonora, Mexico (Latitud: 29° 0.5'; Longitud: 110° 57'), con un peso individual promedio de

2,1 g. Los organismos fueron mantenidos en agua de mar natural con una salinidad de 35 ppt. Fueron aclimatados en grupos en tanques de aclimatación de 250 L de capacidad a salinidades de 0,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10,0, 15,0 y 25,0 ppt. Para tal efecto, se agregó gradualmente agua desionizada a los tanques de aclimatación, de tal modo que la tasa de cambio de la salinidad fuera de 1 ppt/h para todos los tratamientos. Inmediatamente después de aclimatados, los organismos fueron transferidos a tanques circulares de plástico de 20 L (área superficial de 0,07 m²) a una densidad de siembra de 56 individuos/m² y fueron alimentados *Ad libitum* con un alimento comercial con un contenido de proteína de 40% (Camaronina, Agribrands Purina®, Ciudad Obregón, Sonora, México). Cada tratamiento contó con 12 réplicas, incluyendo un tratamiento control con agua de mar (35 ppt). El experimento tuvo una duración de 32 días. Después de este período, se evaluaron el crecimiento y la supervivencia de los organismos.

Resultados y discusión

Todos los camarones aclimatados a 0.0 ppmil murieron poco antes o después de alcanzar esta salinidad. Los organismos de todos los demás tratamientos fueron aclimatados exitosamente. Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el peso final (Tabla I), en donde el crecimiento de los camarones mantenidos a 2,5 ppt fue menor que el de todos los demás tratamientos. En orden decreciente, el desempeño en crecimiento correspondió a los tratamientos 35,0>5,0>25,0>10,0>7,5>15,0, pero sin diferencias estadísticas detectadas entre sí. La supervivencia de los camarones varió entre 64 y 89%, sin diferencias significativas detectadas entre los tratamientos.

Tabla I.- Crecimiento y supervivencia (promedio \pm desviación estándar) de *L. stylirostris* aclimatado a varias salinidades. Los datos con superíndice similar en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Salinidad (ppt)	Peso final (g)	Supervivencia (%)
2,5	3,1 ^b \pm 0,8	73 \pm 25
5,0	4,5 ^a \pm 0,5	70 \pm 27
7,5	4,1 ^a \pm 0,7	68 \pm 20
10,0	4,1 ^a \pm 0,8	64 \pm 18
15,0	3,8 ^a \pm 0,7	75 \pm 32
25,0	4,4 ^a \pm 0,5	89 \pm 18
35,0	4,5 ^a \pm 0,4	86 \pm 20

Conclusiones

En comparación con el desempeño de los camarones mantenidos en agua marina natural y bajo las condiciones experimentales del presente estudio, los resultados indican que los juveniles de *L. stylirostris* pueden ser aclimatados hasta a 5 ppmil sin alterar su crecimiento o su supervivencia.

Referencias

- Bray W.A., Lawrence A.L., Leung-Trujillo J.R. 1994. The effect of salinity on growth and survival of *Penaeus vannamei*, with observations on the interaction of IHHN virus and salinity. *Aquaculture* 122: 133-146.
- Davis D.A., Samocha T.M., Boyd C.E. 2004. Acclimating Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in inland, low-salinity water. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication N° 2600.
- Gong H., Jiang D.H., Lightner D.V., Collins C., Brock D. 2004. A dietary modification approach to improve the osmoregulatory capacity of *Litopenaeus vannamei* cultured in the Arizona desert. *Aquaculture Nutrition* 10: 227-236.
- Jory D., Cabrera T. 2003. En: Lucas J.S., Southgate P.C. (eds.), *Aquaculture Farming Aquatic Animals and plants*. Blackwell Publishing Ltd. Iowa, USA. *Marine Shrimp*. pp: 382-419.
- Mc Graw W.J., Davis D.A., Teichert-Coddington D., Rouse D.B. 2002. Acclimation of *Litopenaeus vannamei* postlarvae to low salinity: Influence of age, salinity endpoint, and rate of salinity reduction. *Journal of the World Aquaculture Society*, 33 (1): 78-84.
- Mc Graw W.J., Scarpa J. 2004. Mortality of freshwater-acclimated *Litopenaeus vannamei* associated with acclimation rate, habituation period, and ionic challenge. *Aquaculture*, 236: 285-296.
- Saoud I.P., Davis D.A., Rouse D.B. 2003. Suitability studies of inland well waters for *Litopenaeus vannamei* culture. *Aquaculture*, 217 (1-4): 373-383.

FACTIBILIDAD DE ACLIMATACIÓN DEL CAMARÓN AZUL, *Litopenaeus stylirostris*, A BAJA SALINIDAD

Martin Perez-Velazquez^{1*}, Mayra L. González-Félix¹, Misael Rosales-Leija¹

¹. Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora, Edificio 7-G, Blvd Luis Donaldo Colosio s/n. e/Sahuaripa y Reforma, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. *E-mail: mperezv@dictus.uson.mx

Introducción

El cultivo de camarón tierra adentro o cultivo de camarón en baja salinidad ha sido practicado alrededor del mundo desde hace algunos años. Debido a su amplia tolerancia a salinidades bajas, el camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*, ha sido la principal especie de elección. Sin embargo, otros peneidos eurihalinos como el camarón azul del Pacífico, *L. stylirostris*, han recibido mucha menos atención a este respecto, pero es posible que también sean especies adecuadas para este tipo de cultivo. El camarón azul tiene características deseables para acuicultura, por ejemplo, crece rápido y alcanza una talla mayor que *L. vannamei* (1). Dichas características serían favorables si esta especie pudiera ser aclimatada exitosamente a baja salinidad. El objetivo de este estudio fue evaluar la factibilidad de aclimatación y el crecimiento de *L. stylirostris* en baja salinidad.

Materiales y Métodos

Juveniles silvestres de *L. stylirostris*, mantenidos en agua de mar a 35 partes por mil (ppmil) y con un peso individual promedio de 2.1 g, fueron aclimatados en contenedores de 250 L a salinidades de 0.0, 2.5, 5.0, 7.5, 10, 15 y 25 ppmil. Gradualmente, se agregó agua deionizada a los tanques de aclimatación de tal modo que la tasa de cambio de la salinidad fuera de 1 ppmil/hora para todos los tratamientos. Inmediatamente después de aclimatados, los organismos fueron transferidos a tanques circulares de plástico de 20 L (área superficial de 0.07 m²), a una densidad de siembra de 56 individuos/m², y fueron alimentados con alimento comercial con un contenido de proteína de 40%



Figura 1. Sistema experimental donde se cultivó *L. stylirostris* en la Unidad Experimental Kino, Universidad de Sonora.

Tabla 1. Crecimiento y supervivencia (promedio D.E.) de *L. stylirostris* aclimatado a varias salinidades.

Salinidad (ppmil)	Peso final (g)	Superv. (%)
2.5	3.1 ^a ± 0.8	73 ± 25
5.0	4.5 ^a ± 0.5	70 ± 27
7.5	4.1 ^a ± 0.7	68 ± 20
10.0	4.1 ^a ± 0.8	64 ± 18
15.0	3.8 ^a ± 0.7	75 ± 32
25.0	4.4 ^a ± 0.5	89 ± 18
35.0	4.5 ^a ± 0.4	86 ± 20

Los datos con superíndice similar en la misma columna no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).



Figura 2. Detalle de los tanques de cultivo de *L. stylirostris*.

(Camaronina, Agribands Purina®, Ciudad Obregón, Sonora, México) durante 32 días. Se incluyó un tratamiento control con agua de mar (35 ppmil). Después de este período, se evaluaron el crecimiento y la supervivencia.

Resultados y Discusión

Todos los camarones aclimatados a 0.0 ppmil murieron poco antes o después de alcanzar esta salinidad. Los organismos de todos los demás tratamientos fueron aclimatados exitosamente. Se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para el peso final (Tabla 1), en donde el crecimiento de los camarones mantenidos a 2.5 ppmil fue menor que el de todos los demás tratamientos. En orden decreciente, el desempeño en crecimiento correspondió a los tratamientos 35.0 > 5.0 > 25.0 > 10.0 > 7.5 > 15.0, pero sin diferencias estadísticas detectadas entre sí. La supervivencia de los camarones varió entre 64 y 89%, sin diferencias significativas detectadas entre los tratamientos.

Conclusiones

En comparación con el desempeño de los camarones mantenidos en agua marina natural, los resultados indican que los juveniles de *L. stylirostris* pueden ser aclimatados hasta a 5 ppmil sin alterar su crecimiento o su supervivencia.

Referencias

1. Aquacop, 1983. Constitution of broodstock, maturation, spawning, and hatching system for penaeid shrimps in the Centre Oceanologique du Pacifique. In: McVay, J. P., Moore, J. R. (Eds.), CRC Handbook of mariculture. Volume I. Crustacean Aquaculture. CRC press, Boca Raton, FL, USA, PP. 105-121.

Incubación de masas ovígeras del caracol chino *Muricanthus nigritus* (Muricidae) para su repoblación y preservación en Guasave, Sinaloa, México

Góngora Gómez A.M., Diarte Plata G., Villanueva Fonseca B.P., Hernández Sepúlveda J. A., Domínguez Orozco A.L.

CIIDIR-UNIDAD SINALOA. Boulevard Juan de Dios Batís Paredes #250 e/ Calle San Joachin y Calle 100. Col. San Joachin. C.P. 81100. Telf. (687)872-96-26 Guasave, Sinaloa. email: ana_laurado@yahoo.com

Resumen

El caracol burro negro o °chino negro o *Muricanthus nigritus*, una de las especies del género *Muricanthus* más importantes de la pesquerías del Golfo de California, actualmente está siendo sometido a una intensa presión pesquera. La maricultura es una actividad que permite mejorar los bancos naturales a través del reclutamiento y transplante artificial, protección de especies y fuente de recursos alimenticios. A pesar de la importancia de *M. nigritus* como recurso natural potencial para la alimentación y de su nivel actual de recuperación, persisten dudas acerca de los aspectos básicos de su biología como: el tipo de desarrollo embrionario, tiempo de eclosión y tamaño que alcanzan las larvas. Esta información es indispensable para desarrollar técnicas que ayuden a la recuperación de las poblaciones naturales, haciendo posible su restablecimiento como especies comerciales, ayudando a recuperar el efecto de la sobrepoblación. El objetivo de la presente investigación fue estudiar el desarrollo embrionario del muricido marino *M. nigritus* hasta su eclosión. Los cigotos presentaron segmentación espiral seguida de una gastrulación con la formación de larvas trócofora y veliger. Los embriones fueron lelicotróficos alimentándose del vitelo contenido en el huevo. El 20% de la masa ovígera presentó diferentes estadios larvarios en una misma cápsula. El desarrollo intra-capsular terminó a una temperatura de 24-26° C en un periodo de 4 semanas después de la puesta de la masa ovígera con la eclosión de larvas veliger.

Palabras clave

Caracol chino, masas ovígeras, repoblación.

Introducción

Entre los recursos de mayor importancia económica para los pescadores del estado de Sinaloa y otros habitantes de las costas del Golfo de California, México, aunque pocos conocidos en sus aspectos biológicos, ecológicos y tecnológicos, están los caracoles de las especies: *Hexaplex (Muricanthus) nigrinus*, *H. princeps*, *H. ambigu*, *H. radix*, *Phyllonotus brasicca*, *P. erythrostoma* y *P. regius*, las cuales se encuentran distribuidas ampliamente en las zonas costeras de aguas marinas someras de la región (FAO, 1995). El caracol burro negro o chino negro *Hexaplex (Muricanthus) nigrinus* es la especie más importante de las pesquerías del Golfo de California, y en la actualidad está siendo sometido a una intensa presión pesquera. En México, los permisos de pesca comercial de caracoles muricidos en Baja California Sur (BCS), son por medio de cuotas de captura por banco, previa evaluación de la biomasa por el Instituto Nacional de Pesca (INP). Sin embargo, el INP tiene a la pesquería de este recurso para BCS en deterioro y para el resto de los estados, un estatus no determinado (Carta Nacional Pesquera, 2006). Debido a esto, puede ser factible la acuicultura para fines de repoblación (Manríquez & Castilla, 2001).

En vista de lo anteriormente expuesto en el presente trabajo se pretende evaluar la obtención de masas ovígeras del caracol burro negro *M. nigrinus* hasta su eclosión, bajo condiciones de laboratorio, con la finalidad de describir el procedimiento y acondicionamiento para obtener masas ovígeras del en un sistema de recirculación de agua.

Metodología

En el mes de enero del 2008 se colectaron por marisqueo 10 reproductores (1:1) en el sistema lagunar ensenada La Palmita, Navolato, Sinaloa. Al momento de incubarlos se procedió a quitarles todo organismo adherido a las conchas. Se inició el periodo de incubación con una temperatura de 28° C y una salinidad de 32 ups. Se dió tratamiento al agua de mar por medio de filtros de arena, polipropileno y de luz ultravioleta.

Se lavó y desinfectó el acuario de 70 l para los reproductores y los acuarios de 10 l para incubar las masas de huevos. Los reproductores se conservaron en los acuarios con aeración y se dejó variar sus parámetros acuáticos; se alimentaron con moluscos bivalvos (*Chione sbrugosus*, *C. californiensis*, *Mytella strigata* y *Argopecten ventricosus*) y alimento pelletizado

con 35% de proteínas.

Las masas de huevos se mantuvieron con aireación y calefacción constante. Se tomaron registros de parámetros del agua dos veces por día. Se incubaron 100 cápsulas de huevos para dar seguimiento a la eclosión, empleando un microscopio estereoscópico WESCO y se utilizó toda la bibliografía de la que se pudo disponer sobre eclosión de cápsulas en caracoles de la familia Muricidae.

Resultados

La ovoposición se registró de mayo del 2008 a julio del 2009 a una temperatura de 26° C y salinidad de 40 ups. Se obtuvieron 43 masas de huevos con 5129 cápsulas en total (733 cápsulas promedio) y 1544 embriones en promedio por cápsula. Se obtuvieron 7, 919,176 embriones en un año.

Las capsulas midieron en promedio 4,82 mm de ancho y 13,93 mm de largo y un peso de 0,362 g. La eclosión de las cápsulas ocurrió a los 10 días de incubación con el 96% de viabilidad a 26° C. Se registraron temperaturas del agua de 20,7-31,4° C, salinidad entre 35-43 ups, el oxígeno disuelto osciló entre 2,7-6,05 mg/l, el pH fluctuó entre 6,7-8,6 upH.

Discusión

El periodo de incubación de los reproductores de *H. nigritus* para la primera obtención de masas de huevos fue de 5 meses, coincidió con Rajalakshmi Bhanu *et al.* (1983); Romero *et al.* (2004) y Kritsanapuntu *et al.* (2007) para los caracoles *Thai bufo*, *Thais chocolata* y *Babilonia aeronata*, respectivamente. En *T. chocolata* se observó un menor número de capsulas por masa (100-150) y embriones 2600 por capsula; comparado con *H. nigritus*, *B. aeronata* presentó un largo promedio de las capsulas del huevo de 20,09 mm, lo cual es superior a tamaño observado en *H. nigritus* en el presente estudio. Sin embargo, el número promedio de embriones por capsula fue mayor en *H. nigritus* (1544 embriones), por lo que se refleja un mayor tamaño de la larva de *B. aeronata*. En relación a las temperaturas de incubación de las masas de huevos en *H. nigritus* se realizó a una mayor temperatura del agua.

El sistema de mantenimiento para los organismos reproductores utilizado en el presente experimento comparado al utilizado por Cudney-Bueno *et al.* (2008) fue muy similar, ya que se utilizaron acuarios con la misma capacidad. En lo referente a los parámetros físicos de los acuarios Cudney-Bueno *et al.* (2008), mencionan que solamente registraron la salinidad (37-38 ups) y la temperatura del agua en los acuarios utilizados para reproductores (28-29°C), mientras que en este estudio se registraron las variables de salinidad, pH, oxígeno disuelto y

la temperatura del agua.

La alimentación de los organismos es sin duda una parte importante en su etapa reproductiva, la cual debe de ser de la manera más cercana a la alimentación que cada organismo tiene en su medio natural. En el trabajo realizado por Naegel y Gómez (2004), con el caracol *Plicopurpura pansa*, mencionan que los reproductores fueron alimentados con calamar y mejillón. Mientras que Cudney-Bueno *et al.* (2008), en su trabajo con *Hexaplex nigrinus*, mencionan que alimentaban a sus progenitores con las siguientes especies de bivalvos: *Venus rayada*, *Chione subrugosa*, el mejillón *Mytella strigata* y la almeja marinera *Chione californiensis*. Los organismos reproductores de este experimento fueron alimentados con varias especies de moluscos bivalvos entre las que se encuentran: almeja china *Chione californiensis*, almeja marinera *Chione subrugosa*, el mejillón *Mytella strigata*, la almeja catarina *Argopecten circularis*, el árcido pata de mula *Anadara tuberculosa*, almeja blanca *Dosinia ponderosa*, *Venus rayada*, *Chione subrugosa*, almeja de lodo *Protothaca asperrima*, choro *Donax radiata* y mejillón el chino *Cardita affinis*, coincidiendo así con algunas de las especies utilizadas en el estudio realizado por Cudney-Bueno *et al.* (2008).

Las larvas de *H. nigrinus* presentan entre 18-31 días de incubación hasta eclosionar en etapa larva velige (Bueno *et al.*, 2008), siendo el estudio con temperaturas de 26°C, 30°C y 34°C, de las cuales, a temperatura de 26°C la eclosión de las capsulas se presentó a los 11 días de incubación (264 h), a temperatura de 30°C la eclosión fue a los 9 días (216 h) y para la temperatura de 34°C no se presentó eclosión, debido a que el desarrollo de los embriones no se dio a dicha temperatura. El rango de temperaturas en el que si se llevó a cabo el desarrollo embrionario de *H. nigrinus* coincide con el observado por Naegel y López, 2007, para la especie *P. pansa*. Las capsulas obtenidas de *H. nigrinus* en este estudio eran de color blanco con una base y una región apical en donde se encuentra el orificio de escape, con las siguientes dimensiones en promedio: largo 13,96 mm, longitud 4,63 mm.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Sinaloa (CECyT- Sinaloa) y al IPN-CIIDIR- Sinaloa, por el apoyo logístico y económico brindado

Referencias

- Carta Nacional Pesquera. 2006. Pesca extractiva. Pesquerías marinas y costeras del litoral del Pacífico. Caracol. Diario Oficial.
- FAO. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacifico Centro-Oriental. Plantas e Invertebrados (1):649

Romero M.S., Gallardo C.S., Bellolio G. 2004. Egg Laing and embryonic larval development in the snail *Thais* (Stramonita) with observations on its evolutionary relationships within the Muricidae.

INCUBACIÓN DE MASAS OVÍGERAS DEL CARACOL NEGRO *Muricanthus nigritus* (MURICIDAE) PARA SU REPOBLACIÓN Y PRESERVACIÓN EN GUASAVE, SINALOA, MÉXICO

Villanueva Fonseca Brenda Paulina, Hernández Sepúlveda Juan Antonio, Góngora-Gómez Andrés Martín, Domínguez-Orozco Ana Laura y Dierke y de la Paz

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Unidad Sinaloa, Av. Juan de Guadalupe No. 250, Col. San Joaquin, Guasave, Sinaloa, México. Cp. 81101. Tel 6878729625 y 6878729626. ingonm@ciidri.com.mx

INTRODUCCIÓN

Entre los recursos de mayor importancia económica para los pescadores del estado de Sinaloa y otros habitantes de las costas del Golfo de California, aunque poco conocidos en sus aspectos biológicos, ecológicos y tecnológicos, están los caracoles de las especies: *Hexaplex (Muricanthus) nigritus*, *H. princeps*, *H. ambiguus*, *H. radix*, *Phyllonotus brasiliensis*, *erythrostroma*, *P. regius*, las cuales se encuentran distribuidas ampliamente en las zonas costeras de aguas marinas del estado de la región (FAO, 1995; Góngora, 1999). El caracol burro negro o chino negro *Hexaplex (Muricanthus) nigritus* (Philipp, 1845) es una de las especies del género *Hexaplex (Muricanthus)* más importante de las pesquerías del Golfo de California, la cual está siendo sometido a una intensa presión pesquera, debido a la prohibición de pesca de otras especies principalmente al camarón (Góngora, 2008). A pesar de la importancia de *H. M. nigritus* como recurso natural potencial para la alimentación y de su nivel actual de recuperación, persisten dudas acerca de los aspectos básicos de su biología como: el tipo de desarrollo embrionario, tiempo de eclosión y tamaño que alcanzan las larvas.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de la temperatura del agua sobre el desarrollo embrionario intracapsular del caracol burro negro *Hexaplex (Muricanthus) nigritus* a partir de los cambios morfológicos y conductuales del embrión hasta la eclosión de los huevecillos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para realizar el estudio del desarrollo embrionario y las temperaturas descriptas en los embriones se requiere de una metodología relativamente estandarizada por otros autores (Seki y Kan-no, 1977; Rodríguez 1990; Góngora, 1999). A continuación se muestra un diagrama que ilustra los principales pasos del estudio.

RESULTADOS

a) Huevo en momento de fertilización y inicio de división (Figuras a y b).

b) Huevo en momento de división celular.

c) Huevo con inicio de aparición de cilios (Figura c).

d) Larva veliger (Figura d).

e) Organismos listos para eclosionar de la cápsula, guardan mayor similitud con un organismo juvenil-adulto (Figura e).

f) Larva juvenil (Figura f).

CONCLUSIONES

- ☐ La ovoposición se registró 26°C
- ☐ Del periodo del 11 de Mayo al 21 de Julio de 2008 se obtuvieron 7 masas ovígeras.
- ☐ Las capsulas midieron en promedio 4.82 mm de ancho y 13.93 mm de largo y un peso de 0.362 g.
- ☐ Presentaron las capsulas el 96 % de viabilidad.
- ☐ Cada masa ovígera tuvo 134 capsulas en promedio
- ☐ Se obtuvieron 1544 embriones/capsula
- ☐ Total de embriones 206 896 embriones/masa ovígera en promedio
- ☐ Cada hembra ovoposito 1,448,272
- ☐ Cada hembra ovoposito 208,854 embriones
- ☐ Cudney-Bueno et al. (2008), reportan para *H. M. nigritus*, mayor cantidad en el número de capsulas/masa promedio (285) y embriones/capsula (3603), y el periodo de ovoposición de Abril a Septiembre, siendo similar al presente estudio.

LITERATURA CITADA

Cudney-Bueno et al. (2008) El caracol burro negro (*Muricanthus nigritus*) (Mollusca, Muricidae), en el Golfo de California, México: Reestructuración espacial y pesquerías emergentes. *Bulletin of Marine Science*, 82(2): 285-295.

FAO, 1995. Guía FAO para la identificación de especies para fines de la pesca. Fauna Centro-Oriental, Vol. 1: Plantas e invertebrados. Roma, Italia, 644 p.

Góngora, G. et al., 1999. Estado de la información sobre el desarrollo embrionario del caracol burro negro (*Muricanthus nigritus* L., Mollusca, Muricidae). *Boletín del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional*, 23(1): 35-40.

Robinson, G. et al., 2000. *Mollusca: The Shellfishes of the World*. Elsevier, Amsterdam, 89 p.

Ostricultura industrial de la provincia de Buenos Aires

Pagani A.¹, Bertolotti M.^{1,2}, Gualdoni, P.¹, Errazti E.¹

¹Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP). Funes 3250, Mar del Plata, Argentina, apagan@inidep.edu.ar; pgualdo@mdp.edu.ar, errazti@inidep.edu.ar

²Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo pesquero (INIDEP). Paseo Victoria Ocampo N°1 Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina, maricelb@inidep.edu.ar

Resumen

Se presenta un análisis descriptivo de la industrialización de ostras en la provincia de Buenos Aires considerando las particularidades del proceso productivo, de los recursos humanos y del rol del estado en el proceso de desarrollo del sector. Se trata de una industria en desarrollo y cuenta con empresarios emprendedores que tienen las capacidades necesarias para lograr el desarrollo sostenible de la actividad. Este proceso de desarrollo deberá ser acompañado con políticas públicas orientadas a la promoción de la actividad, la capacitación del recurso humano y al otorgamiento de incentivos fiscales y financieros para la producción, en especial, para la inversión en *hatchery* con el objeto de alcanzar continuidad y calidad en la provisión de semillas.

Palabras clave

Ostricultura, industria, desarrollo.

Introducción

Las localidades de “Bahía San Blas” y “Los Pocitos” están ubicadas en el partido de Carmen de Patagones, al sur de la provincia de Buenos Aires. Cuentan con un sector costero

relativamente protegido, y con una amplia zona intermareal propicia para un sistema de cultivo simple y de bajo costo, (Pascual y Castaños, 1999) declarada como zona productora de moluscos bivalvos como de “Clase A”, aptas para consumo humano directo. En esta zona se realiza la mayor parte de la actividad ostrícola (desarrollada a partir de la formación de un banco natural de ostra cóncava *Crassostrea gigas*, en la década de los '80) y están instaladas las dos únicas plantas procesadoras de ostras de la región, una en Bahía San Blas y la de construcción más reciente, pronta a inaugurarse, en Los Pocitos.

Actualmente, sólo se cultiva y de manera no regular en Los Pocitos, obteniendo la semilla del banco natural, utilizando la técnica de sobreelevado. La provisión estable de semilla de alta calidad, es condición determinante de una producción ostrícola de nivel industrial. La captación de la semilla de ostra en el mar, no tiene la misma calidad que la de una proveniente de *hatchery*.

La ostricultura industrial de la provincia de Buenos Aires es un sector no consolidado que presentó un crecimiento continuo desde el año 1999, resultado del trabajo en común de los pequeños productores de la zona, asistidos por el Instituto Alte. Storni de San Antonio Oeste (provincia de Río Negro), la Dirección de Pesca de la provincia de Buenos Aires y la Dirección de Acuicultura de la Nación. A pesar de las crisis económicas, la falta de apoyo estatal y las dificultades características por ser precursores de una actividad, los empresarios exteriorizan una apropiada visión de negocios y actitud emprendedora.

Se presenta un análisis descriptivo de la industrialización de ostras en la provincia de Buenos Aires considerando las particularidades del proceso productivo, el desempeño del recurso humano y la percepción del rol estatal a través de las políticas orientadas al desarrollo del sector.

Metodología

Se realizaron entrevistas en profundidad a los propietarios de los dos establecimientos industriales que procesan ostras en ambas localidades. La unidad de observación fue el “establecimiento industrial”.

Para la realización de las entrevistas se utilizó un cuestionario como ordenador de la misma, el que fue diseñado para analizar variables cuantitativas (relativas a las características de planta, organización, proceso productivo, productos obtenidos, sistemas de calidad, recursos humanos –personal ocupado permanente y temporario, procesos de contratación, nivel de instrucción, capacitación-, inversiones, innovación, financiamiento, comercialización, clientes y proveedores) y variables cualitativas (relativas a problemáticas del sector, rotación del personal y grado de satisfacción, conflictos entre actores, visión de los empresarios sobre las

dificultades que enfrentan, percepciones sobre la participación del estado y las organizaciones, expectativas empresariales acerca de la evolución de los mercados).

Resultados

La cadena productiva

- **Industrialización de las ostras en la Bahía San Blas**
 - ◇ **Localización y organización:** la planta de Bahía San Blas se encuentra a orillas de la Ría del Jabalí, a poca distancia de las granjas de cultivo, lo que permite una rápida llegada desde el mar hasta la misma. Es una empresa de tipo familiar que inició sus actividades en 1999. Es la primera habilitada por el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), para procesar ostras y moluscos bivalvos. Actualmente la planta no está funcionando, pero están realizando la puesta a punto para ponerla en marcha en pocos meses y encarar un proceso de producción y exportación con mayor continuidad y eficiencia que el logrado en 2008. Los temas estratégicos son discutidos por todos sus propietarios en conjunto. El precio de venta del producto está muy condicionado por la competencia que enfrentan con los ostreros artesanales que venden la pulpa en forma ilegal y no cumplen con las normas sanitarias de producción y tránsito del producto.
 - ◇ **Proceso Productivo:** la materia prima se obtiene por la extracción de ostras del banco natural o a través del engorde (o cultivo). Los productos para los que está habilitada son tanto productos frescos como congelados (ostra viva, ½ valva congelada y pulpa) pero procesaron solamente ½ valva y pulpa congeladas.
 - ◇ **Capacidades de producción:** la planta está en condiciones de procesar 15 t de materia prima (ostras enteras) por día en dos turnos, lo cual les permite obtener una cantidad diaria máxima del producto “½ valva congelada” de 1500 docenas. En el año 2008 procesaron 45000 docenas de materia prima para lograr el producto de exportación ½ valva congelada y 15000 docenas para realizar pruebas de calidad y ventas al mercado interno, (en total procesaron en 2008, una cantidad de 60000 docenas de ostras). El transporte de la materia prima hasta la planta se realiza en un camión refrigerado propio. Los problemas más significativos en relación con la provisión de materia prima, son el mal estado del camino de tierra y los requerimientos del mercado en cuanto a la calidad y apariencia de las ostras, que al provenir de la extracción del banco natural, presentan irregularidades de forma y calidad. Las capacidades máximas en unidades de producto son: 700 kg diarios de pulpa; 1500 docenas diarias de ½ valva congelada y 25 t diarias (en dos turnos de trabajo) de ostra viva (producto fresco) si bien no se dedican a la elaboración de este producto.

Los insumos más importantes son: el dióxido (gas para congelar por congelación criogénica) que tiene alta incidencia en el costo pero determina un producto de mayor calidad y la electricidad.

Para mantenimiento de materia prima y producto tienen una cámara de fresco de 20000 kg y una cámara de mantenimiento de producto congelado de 25000 docenas. Cuentan con depósitos generales para el almacenamiento de cajas y blisters.

La planta tiene un túnel de congelado criogénico estático, que puede llevar el total producto diario en un tiempo de 2 minutos, a una temperatura de -60°C .

- ◇ **Recursos Humanos y capacitación:** la empresa no posee un área de recursos humanos o un jefe de personal. Las personas ocupadas en forma permanente son 8 y de sexo masculino, un encargado de todo el predio y 7 operarios de los cuales uno actúa como líder informal del grupo. La cantidad de personal temporario necesaria para operar a plena capacidad es de 35 a 40 personas. El proceso de selección de los operarios está a cargo de los dueños, siendo éste muy básico (anuncios en el diario local y en la emisora de radio y realización de una entrevista simple) y a los ingresantes se les imparte un rápido entrenamiento sobre la tarea que realizarán. El nivel de conflictividad del recurso humano es alto y por eso esta empresa no puede contratar personal en San Blas debido a antiguas rivalidades de la gente del lugar con los propietarios. Se realiza capacitación a nivel gerencial y para el personal ocupado permanente y se reciben alumnos de la carrera universitaria “Tecnatura en Acuicultura” de la Universidad del Comahue, en calidad de pasantes. Los propietarios se capacitaron en temas de marketing y recursos humanos mediante cursos a distancia de universidades y capacitación externa.
- ◇ **Inversiones:** la inversión inicial en esta planta fue un poco superior a u\$S 300.000. No se realizaron inversiones significativas desde el 2006 hasta la fecha. La planta cuenta con maquinarias e instalaciones modernas.
- ◇ **Innovación:** la principal innovación que encaró la empresa luego de la experiencia exportadora de 2008, fue en tecnología de organización (disposición de elementos en planta y diseño de instrumental de trabajo), que tuvieron su impacto en la calidad del producto y en la productividad de los trabajadores.
- ◇ **Comercialización:** Se concretó en julio del año 2008, la primera venta de ostras hacia Hong Kong, China, despachando un contenedor desde el puerto de Bahía Blanca. Se exportaron 20.000 docenas equivalentes a 15 t de ostras. La experiencia de exportación fue problemática debido al desconocimiento de los procedimientos de exportación y de las exigencias de los mercados externos. Ahora se comienza a definir con mayor claridad objetivos y metas en lo que se refiere a comercialización con destino al mercado externo, innovación tec-

nológica, formación de recursos humanos, productividad de la mano de obra y responsabilidad social. Los niveles que intervienen en la planificación son el estratégico y gerencial a cargo de sus propietarios.

La comercialización de los productos al mercado interno se realiza a pedido con destino a la Ciudad de Buenos Aires, Neuquén y Calafate. Los principales obstáculos para comercializar en este mercado, según declaran los propietarios son, la venta furtiva de pulpa, la falta de cumplimiento de las normas y la ausencia de controles y de acciones estatales.

- ◇ **Políticas de Calidad:** la empresa posee una política de calidad y emplean técnicas de cultivo y proceso que contribuyen a la conservación del medio ambiente y a la calidad sanitaria de los productos. Los procesos son realizados de acuerdo al sistema de calidad HACCP y controlados por el SENASA.
- ◇ **Financiamiento:** no existe apoyo a la actividad productiva por parte de las instituciones bancarias, los créditos solicitados fueron del tipo de crédito personal y no productivo, con un costo de financiamiento más elevado.
- **Industrialización de las ostras en el Balneario Los Pocitos**
 - ◇ **Localización y organización:** la planta ubicada en Los Pocitos, a pocos metros del mar, está en la etapa final de instalación. Es propiedad de una empresa formada por 4 socios particulares. La coordinación de tareas y los niveles de conducción están todavía desdibujados y por ahora las decisiones estratégicas se discuten entre sus propietarios quienes posiblemente se repartirán las tareas gerenciales. Estas personas tienen conocimiento sobre el sector pero se dedican a otras actividades que les reportan sus principales ingresos. Realizan una planificación inicial informal pero con objetivos y metas lo suficientemente definidas en cuanto a la comercialización con vistas al mercado externo.
 - ◇ **Capacidades de producción:** la capacidad máxima diaria de absorción de materia prima es aproximadamente de 15 t (30 kilos por persona en cada turno, calculando 30 personas abriendo ostras por turno), para obtener 1 t de pulpa. Desconocen la producción máxima diaria de ½ valva. Utilizan el congelado estático convencional y no el criogénico. Para el mantenimiento de la materia prima en fresco tienen una cámara de 3 t de capacidad; para el mantenimiento del producto en fresco una cámara de 8 t y para mantener el producto congelado cuentan con una cámara de 5 t. La capacidad de congelado es de 4 ó 5 t por día.
 - ◇ **Recursos humanos y capacitación:** el personal es una variable crítica porque se trata de un proceso de mano de obra intensivo y los operarios que podrán contratar, poseen un nivel de instrucción mínimo. Planean adiestrarlos internamente sólo para las tareas requeridas. La dotación de personal permanente se compondrá de un administrativo, un técnico veterinario –según exigencia de SENASA, un sereno con tareas de mantenimiento y recepción de materia prima

y dos personas de limpieza. El personal operativo con que la planta trabajaría a pleno es de 50 personas aproximadamente, (con esta dotación pueden producir un container con 22 t de pulpa por mes). Para producir una tonelada diaria de pulpa, necesitan 30 personas abriendo ostras y otras 15 o 20 personas para juntar (15 t), lavar y acondicionar. Se analizan alternativas para la contratación de operarios: de la Cooperativa, buscar al personal de Los Pocitos o de la localidad de Stroeder distante a 15 km.

- ◇ **Costos de producción:** la energía eléctrica es un insumo con alta incidencia en los costos porque pagan el denominado servicio de Luz Rural, provisto por la Cooperativa de Luz. Debido a los cortes de energía diarios y a que la oferta de electricidad no sería suficiente para ampliar la capacidad de producción de la planta, planean poner generadores propios.
- ◇ **Inversiones:** el monto de inversión inicial para poner la planta en condiciones de operar, fue de alrededor de u\$s 250.000.- desembolsados durante 2009 y 2010.
- ◇ **Financiamiento:** para ayudar a la instalación de la planta, solicitaron créditos a la Provincia de Buenos Aires, en nombre de la Asociación de Pescadores y Ostricultores Patagónicos y por intermedio de la Municipalidad de Carmen de Patagones, sin éxito.

- **Percepción del rol del Estado**

El sector industrial se encuentra aún en una etapa de desarrollo y es fundamental lograr una mayor producción y estabilidad para el crecimiento del mismo. En este proceso deben intervenir los principales actores de la actividad pero el Estado tiene un rol fundamental. La ausencia de una política pública debilita la percepción social de la importancia del sector, desalienta la inversión privada y limita la articulación entre los interesados para planificar y ejecutar acciones orientadas a la promoción y desarrollo de la ostricultura.

Las medidas gubernamentales que los empresarios consideraron necesarias y de importancia para el desarrollo del sector son: programas de formación profesional y capacitación técnica, líneas de crédito y otras formas de financiación orientadas a la actividad, programas para fomentar el mercado interno, elaboración de un plan estratégico nacional, ley de acuicultura provincial, seguimiento, control y vigilancia de las actividades productivas, instalación de laboratorios de la red SENASA, medidas para fomentar el cuidado del medio ambiente, obras de infraestructura como caminos y muelles, apoyo a las misiones comerciales, buenas prácticas para un adecuado manejo sanitario, mejoras en la educación y permisos con una duración de 15 años.

Si bien no existe un plan de acción dirigido a un objetivo específico, las autoridades locales ven claramente que es necesario ordenar la actividad en su aspecto productivo, sani-

tario y comercial. El municipio y la provincia deben ser capaces de generar proactivamente cambios y no sólo responder pasivamente a las demandas. La institucionalidad pública debe inducir los cambios en el comportamiento de los agentes económicos del sector, para lograr los objetivos de desarrollo.

Consideraciones finales

Las expectativas de los empresarios son favorables dado que esperan que durante 2011 aumentarán las ventas, la cantidad de personas ocupadas, las exportaciones y por lo tanto las inversiones.

El eficiente funcionamiento de estas plantas se complementaría con las medidas de política, en orden a dar seguridad a los ostreros artesanales para colocar el producto de su extracción, integrando al proceso de desarrollo a la cadena productiva artesanal.

Los problemas que perciben los empresarios como prioritarios son: los conflictos con los recursos humanos de nivel operativo, la falta de provisión masiva de semillas y el comportamiento reactivo del Estado.

El proceso de desarrollo deberá caracterizarse por políticas proactivas que se sustenten en las potencialidades del sector y que promuevan la capacitación de la mano de obra operativa, incentiven la inversión en criaderos (hatchery) con el objeto de garantizar la continuidad y la calidad en la provisión de semillas, controlen el tránsito y la comercialización de los productos y fortalezcan las relaciones entre los integrantes del sector para solucionar las controversias.

Referencias

- Dirección Provincial de Pesca. Provincia de Buenos Aires. (2009) Plan de Manejo Poblacional de la Ostra del Pacífico y su Aprovechamiento en el Desarrollo de la Acuicultura. http://www.maa.gba.gov.ar/pesca/acui_ostricultura.php
- FAO 1994. AQUILA - Apoyo a las Actividades Regionales de Acuicultura para America Latina y el Caribe. *Juan Carlos de Wit*. Título de la serie: Project reports - No.11 1994 p. 221 pg AB484/S
- Pascual M., Castaños C. 1999. Cultivo de ostras cóncavas en Argentina: desde el criadero hasta la cosecha en el mar. 3° Premio al Emprendedor Agropecuario, undécima edición, Banco Francés/diario Clarín. Sociedad Rural Argentina. 46pp. (Web en línea) <http://www.minagri.gob.ar/SAGPyA/pesca/acuicultura/>

Ostricultura Industrial de la Provincia de Buenos Aires

Pagani A.¹, Bertolotti M.², Gualdoni, P.¹ y Errazzi E.¹

¹ Facultad de Ciencias Económicas y Sociales, Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP), Funes 3250, Mar del Plata, Argentina, apagani@mdp.edu.ar, pgualdo@mdp.edu.ar, errazzi@mdp.edu.ar

² Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Paseo Victoria Ocampo N°1 Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina, maricob@inidep.edu.ar

Las localidades de Bahía San Blas y "Los Pocitos" están ubicadas en el partido de Carmen de Patagones, con un sector costero relativamente protegido, y con una amplia zona intermareal propicia para un sistema de cultivo simple y de bajo costo. (Pasca y Catalaño, 1999) declarada como zona productora de moluscos bivalvos como de "Clase A", aptas para consumo humano directo. En esta zona se realiza la mayor parte de la actividad ostrícola (desarrollada a partir de la formación de un banco natural de entre cincos Cricasidras pagani, en la década de '80) y están instaladas las dos únicas plantas procesadoras de ostras de la región, una en Bahía San Blas y la de construcción más reciente, pronta a inaugurarse, en Los Pocitos.

Actualmente, sólo se cultiva y de manera no regular en Los Pocitos, obteniendo la semilla del banco natural, utilizando la técnica de sobrelavado. La provisión estable de semilla de alta calidad, es condición determinante de una producción exitosa de nivel industrial. La captación de la semilla de nácar en el mar, no tiene la misma calidad que la de su proveniente de hatchery.

La ostricultura industrial de la provincia de Buenos Aires es un sector no consolidado que presentó un crecimiento continuo desde el año 1999, resultado del trabajo en común de los pequeños productores de la zona, asistidos por el Instituto M. Zozor de San Antonio Oeste (Pisa, de Río Negro), la Dirección de Pesca de la Pcia de Buenos Aires y la Dirección de Acuicultura de la Nación. A pesar de las crisis económicas, la falta de apoyo estatal y las dificultades características por ser precursoras de una actividad, los empresarios evidenciaron una apropiada visión de negocios y actitud emprendedora.

Se presenta un análisis descriptivo de la industrialización de ostras en la Provincia de Buenos Aires considerando las particularidades del proceso productivo, el desempeño del recurso humano y la percepción del rol del Estado a través de las políticas orientadas al desarrollo del sector.



Se realizaron entrevistas en profundidad a los propietarios de los dos establecimientos industriales que producen ostras en ambas localidades. La unidad de observación fue el "establecimiento industrial".

Para la realización de las entrevistas se utilizó un cuestionario como contrapunto de la entrevista, el cual fue diseñado para analizar variables cuantitativas relativas a las características de planta, organización, proceso productivo, productos obtenidos, salidas de calidad, recursos humanos, personal ocupado permanentemente y temporario, proceso de contratación, nivel de educación, capacitación, inversiones, innovación, financiamiento, comercialización, clientes y proveedores y variables cualitativas relativas a problemáticas del sector, relación del personal y grado de satisfacción, conflictos entre actores, visión de los empresarios sobre las dificultades que enfrentan, percepciones sobre la participación del Estado y las organizaciones, expectativas empresariales acerca de la evolución de los mercados.

La cadena productiva

Industrialización de las ostras en la Bahía San Blas

Localización y organización: la planta de Bahía San Blas se encuentra a orillas de la Ría del Jabali, a poca distancia de las zonas de cultivo. Es una empresa de tipo familiar que inició sus actividades en 1999. Los temas estratégicos son diseñados por sus propietarios en conjunto. En 2008 realizaron su primera experiencia exportadora con resultados exitosos. Actualmente la planta no está operando, pero se prepara reformar la actividad en pocos meses.

Capacidades de producción: la planta puede absorber 15 toneladas de materia prima (ostras anuales) por día en los bancos, lo que le permite obtener una calidad óptima máxima del producto. "5 valvas congeladas" de 1500 docenas. En el año 2008 procesaron 45000 docenas de materia prima para lograr el producto de exportación 15 valvas congeladas y 15000 docenas para realizar pruebas de calidad y ventas al mercado interno, (en total procesaron en 2008, una cantidad de 20000 docenas). El transporte de la materia prima hasta la planta se realiza en un camión refrigerado propio. Los problemas más significativos en la provisión de materia prima, son el mal estado del camión de tierra y los requerimientos del mercado en cuanto a la calidad y apariencia de las ostras, que al provenir de la estación del banco natural, presentan impurezas de tierra y calidad. Las capacidades actuales en unidades de producto son: 100 kg. startos de pulpa; 1500 docenas diarias de 15 valvas congeladas y 251 startos (en dos turnos de trabajo) de ostra viva (producto fresco) si bien no se dedican a la elaboración de este producto.

Recursos humanos y capacitación: las personas ocupadas en forma permanente son 8 y de sexo masculino, un encargado de todo el proceso y 7 operarios de los cuales uno trabaja informalmente como líder del grupo. El personal temporario de planta para operar a plena capacidad es de 35-40 personas. El proceso de selección del personal temporario está a cargo de los propietarios y es básico. A los ingresos sólo se les incluye un rubro de incentivo específico sobre las líneas que realizan. El nivel de conflictividad del recurso humano es alto, por lo que la empresa no puede contratar personal en San Blas debido a arriaguas invalidadas de la gente del lugar con sus propietarios. Se realiza capacitación a nivel gerencial y para el personal ocupado permanentemente y reciben talleres de la carrera universitaria "Tecnología en Acuicultura" de la Universidad del Comahue, en calidad de pasantes. Los propietarios se capacitan mediante cursos, a distancia de universidades y capacitación externa.

Proceso Productivo: la materia prima se obtiene por la extracción de ostras del banco natural o a través del "el engorde". Los productos para los que está habilitada son tanto productos frescos como congelados (ostra viva, 5 valvas congeladas y pulpa) pero procesaron solamente 15 valvas y pulpa congeladas.

Innovación: la inversión inicial en esta planta fue un poco superior a US\$ 300.000. La planta cuenta con maquinarias e instalaciones, calificadas por sus propietarios como "modernas".

Revolución: la principal innovación que encará la empresa luego de la experiencia exportadora de 2008, fue en tecnología de organización (disposición de elementos en planta y diseño de instrumental de trabajo), que tuvieron impacto positivo en la calidad del producto y en la productividad de los trabajadores.

Comercialización: se concretó en julio del año 2008, la primera venta de ostras hacia Hong Kong, China, desahucando un contenedor desde el puerto de Bahía Blanca. Se exportaron 20.000 docenas equivalentes a 150 startos.

La comercialización de los productos al mercado interno es a pédalo con destino a Ciudad de Buenos Aires, Neuquén y Catelá. Los principales obstáculos para comercializar en este mercado, son la venta futura de pulpa, la falta de cumplimiento de las normas y la ausencia de controles y de acciones estatales.

Políticas de Calidad: la empresa posee una política de calidad y emplea Monitores de cultivo y proceso que contribuyen a la conservación del medio ambiente y a la calidad sanitaria de los productos.

Los procesos son realizados de acuerdo al sistema de calidad HACCP y controlados por el SENASA.

Financiamiento: no existe apoyo a la actividad productiva por parte de las instituciones bancarias, los créditos solicitados fueron del tipo personal y no productivo, con un costo de financiamiento más elevado.

Industrialización de las ostras en el Balneario Los Pocitos

Localización y organización: la planta ubicada en Los Pocitos, a pocos metros del mar, está en la etapa final de instalación. Es propiedad de una empresa formada por 4 socios particulares. La laboración de naipes y los niveles de conducción están todavía desdibujados y por ahora las decisiones estratégicas se toman entre sus propietarios quienes posiblemente se repartirán las tareas gerenciales. Estas personas tienen conocimiento del sector pero se dedican a otras actividades que les reportan sus principales ingresos. Realizan una planificación informal pero con objetivos y metas lo suficientemente definidas en cuanto a la comercialización de ostras al mercado externo.

Capacidades de producción: la capacidad máxima diaria de abstracción de materia prima es aproximadamente de 151 (20 kilos por persona por cada turno, calculando 30 personas abriendo ostras por turno), para obtener 1000 kilos de pulpa. La capacidad máxima diaria de producción de producto fresco (línea vivas) sería de 12, pero no planean hacerlo por ahora. La capacidad máxima de producción del producto pulpa, es de 1000 kilos diarios (línea el congelado estándar convencional). Para el mantenimiento de la materia prima en fresco tienen una cámara de 3 m de capacidad para el mantenimiento del producto en fresco una cámara de 8 y para mantener el producto congelado cuentan con una cámara de 8. La capacidad de congelado es de 4 o 5 por día.

Recursos humanos y capacitación: el personal es una variable crítica porque se trata de un proceso mano de obra intensivo y los operarios que podrán contratar, poseen un nivel de instrucción mínimo. Planean contratar informalmente sólo para las tareas requeridas. La dotación de personal permanente se compondrá de un administrativo, un Monico veterinario, por sugerencia de SENASA, un sereno con tareas de mantenimiento y recepción de materia prima y dos personas de limpieza. El personal operativo con que la planta trabajará a pleno es de 50 personas aproximadamente. Para producir una tonelada diaria de pulpa, necesitan 30 personas abriendo ostras y otras 15 o 20 personas para purjar, lavar y acondicionar. Se analizan alternativas para la contratación del personal de nivel operativo: de la Cooperativa, buscar personal de Los Pocitos o de la localidad de Stroeder distante a 15 km.

Costos de producción: la electricidad es un insumo con alta incidencia en los costos porque pagan el denominado servicio de Luz Rural provisto por la Cooperativa de Luz. Por los continuos cortes de luz y dado que la oferta de energía eléctrica sería insuficiente para ampliar la capacidad productiva de la planta, planean poner generadores propios.

Inversión: el monto de inversión inicial para poner la planta en condiciones de operar, fue de alrededor de US\$ 250.000, desembolsados durante 2009/2010.

Financiamiento: para ayudar a la construcción e instalación de la planta, solicitaron créditos a la Pcia. de Buenos Aires, en nombre de la Asociación de Pescadores y Ostricultores Patagónicos y por intermedio de la Municipalidad de Carmen de Patagones, sin éxito.



Percepción del rol del Estado

El sector industrial se encuentra aún en una etapa de desarrollo y es fundamental lograr una mayor producción y estabilidad para el crecimiento del mismo. En este proceso deben intervenir los principales actores de la actividad pero el Estado tiene un rol fundamental. La ausencia de una política pública debilita la percepción social de la importancia del sector. Desalentar la inversión privada y limita la articulación entre los interesados para planificar y ejecutar acciones orientadas a la promoción y desarrollo de la ostricultura.

Las medidas gubernamentales que los empresarios consideraron necesarias y de importancia para el desarrollo del sector son: programas de formación profesional y capacitación técnica, líneas de crédito y otras formas de financiamiento orientadas a la actividad, programas para fomentar el mercado interno, elaboración de un plan estratégico nacional, ley de acuicultura provincial, seguimiento, control y vigilancia de las actividades productivas, instalación de laboratorios de la red SENASA, medidas para fomentar el cuidado del medio ambiente, obras de infraestructura como caminos y muelles, apoyo a las misiones comerciales, buenas prácticas para un adecuado manejo sanitario, mejoras en la educación y permisos con una duración de 15 años.

Las expectativas de los empresarios son favorables dado que esperan que durante 2011, aumentarán las ventas, la cantidad de personas ocupadas, las exportaciones y por lo tanto las inversiones.

El eficiente funcionamiento de estas plantas aportaría a las medidas de política, seguridad a los ostreros artesanales para colocar el producto de su extracción, integrando al proceso de desarrollo a la cadena productiva artesanal.

Los conflictos entre sectores, el furvismo, la informalidad del sector y de toda la economía local, determinan la falta de comportamientos asociales y/o cooperativos entre ellos, lo cual se agrava por la inexistencia de una política de promoción de la actividad.

Los problemas que perciben los empresarios como prioritarios son: los conflictos con los recursos humanos de nivel operativo, la falta de provisión masiva de semillas y el comportamiento reactivo del Estado.

El proceso de desarrollo deberá caracterizarse por políticas proactivas que se sustenten en las potencialidades del sector y que permitan la capacidad de la mano de obra operativa, incentivar la inversión en criaderos (hatchery) con el objeto de garantizar la continuidad y la calidad en la provisión de semillas, controlar el tránsito y la comercialización de los productos y fortalezcan las relaciones entre los integrantes del sector para solucionar las controversias.

Programa de Maricultura y Biología Experimental (MARI)

Aristizabal E.O., Radonic M., López A., Suárez J., Vega A., Spinedi M., Martínez P., Boccanfuso J.J., Bianca F., Bernatene F.

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo pesquero (INIDEP); Paseo Victoria Ocampo N° 1 Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina, eddie@inidep.edu.ar

Misión

Asistir a la Dirección del INIDEP en temas de desarrollo, adaptación y transferencia de técnicas de cultivo de organismos acuáticos de interés comercial.

Antecedentes y justificación

A mediados de la década de 1990, el INIDEP comenzó con el desarrollo de tecnologías de cultivo de besugo (*Pagrus pagrus*) y lenguado (*Paralichthys orbignyanus*). En el año 2000, se firmó el Memorando de Entendimiento sobre *Desarrollo de la Tecnología de Producción Masiva de Semillas de Besugo y Lenguado*, entre la Fundación para la Cooperación Pesquera de Ultramar de Japón (OFCF) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) de la República Argentina, el cual finalizó en Marzo de 2006. Su objetivo fue transferir la tecnología de producción de huevos y larvas, además de la construcción y donación de una Estación Experimental de Maricultura (EEM) totalmente equipada.

Si bien los resultados obtenidos hasta el momento son muy significativos y alentadores, todavía nos encontramos en una etapa experimental. Hasta el momento, no se ha podido controlar la producción de huevos y larvas de lenguado (*Paralichthys orbignyanus*), por lo que se hace necesario continuar los estudios sobre el manejo de los reproductores y la cría de larvas de la especie. Por el contrario, los excelentes resultados alcanzados con la cría del besugo (*Pagrus pagrus*), lo caracterizan como una potencial especie para avanzar hacia la

etapa de cultivo piloto-comercial junto al sector privado.

La acuicultura está por primera vez en posición de proporcionar la mitad del pescado consumido por la población humana mundial. La producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura proporcionó unos 110 millones de toneladas de pescado para consumo humano en 2006, lo que representa más de USD 92.000 millones de dólares. De esta cantidad, 51,7 millones de toneladas provinieron de la acuicultura, con un valor de USD 78.800 millones de dólares (FAO, 2008). Desde hace más de 20 años, las capturas pesqueras se han estancado alrededor de la mencionada cifra, mientras que la acuicultura ha sido la actividad de mayor crecimiento en el sector agropecuario, con un promedio del 7% anual (FAO, 2008).

Tanto por la infraestructura y equipamiento existente, como por el personal capacitado en diferentes países del mundo, el INIDEP es el organismo adecuado para colaborar con las Provincias costeras en el desarrollo de cultivos marinos, utilizando una moderna tecnología de recirculación que es ambientalmente sustentable.

Dentro del INIDEP, el Programa de Maricultura se relaciona con otros Programas/Gabinetes y Proyectos, como:

- Programa de Ambiente Marino,
- Programa de Evaluación de Moluscos Bentónicos,
- Programa de Pesquerías de Crustáceos,
- Gabinete de Hidroacústica

Objetivos

A. Objetivo General:

- Desarrollar tecnología de producción comercial de organismos marinos.
- Asistir a otros Programas en el desarrollo de ensayos con organismos marinos vivos en laboratorio.

B. Objetivos específicos

- Asesorar y transferir tecnología de cultivos marinos.
- Suministrar juveniles para ensayos piloto-comerciales.

Listado de actividades del programa

Actividad	Objetivo
MARI1. - Suministro y tratamientos de agua de mar.	Asegurar el abastecimiento constante de agua de mar.
MARI2. - Alimentación y mantenimiento de sistemas de agua.	Contar con alimento natural a lo largo del año. Mantener sistemas de agua en condiciones operativas.
MARI3. - Producción masiva de microalga <i>Nannochloropsis oculata</i> en el exterior.	Disponer de microalgas para el alimento vivo y la larvicultura de organismos marinos.
MARI4. - Mantenimiento de cepas de microalgas.	Mantener un cepario axénico con especies de microalgas de aplicación en acuicultura.
MARI5. - Producción intermedia de microalga <i>Isochrysis sp.</i> en interior.	Poner a punto la técnica de producción de esta microalga.
MARI6. - Producción de alimento vivo.	Producir rotíferos, copépodos y <i>Artemia</i> enriquecidos para larvas de organismos marinos.
MARI7. - Maduración y reproducción del lenguado (<i>Paralichthys orbignyanus</i>).	Controlar la reproducción del lenguado en cautiverio.
MARI8. - Larvicultura del lenguado (<i>Paralichthys orbignyanus</i>).	Incrementar la supervivencia larval. Reducir la despigmentación y malformaciones larvales.
MARI9. - Maduración y reproducción del besugo (<i>Pagrus pagrus</i>).	Obtener huevos viables para ensayos.
MARI10. - Alimentación de larvas de besugo (<i>Pagrus pagrus</i>).	Estimar el efecto de la densidad y distribución de presas sobre el crecimiento y mortalidad de larvas de besugo en cautiverio.
MARI11. - Administración del Programa.	Preparar y controlar pedidos de compras de insumos, bienes y servicios. Mantener control de stock patrimonial y droguero actualizado. Mantener archivos digitales actualizados.
MARI12. - Mantenimiento en cautiverio de ejemplares adultos de vieira, <i>Zigochlamys patagonica</i> .	Aclimatar ejemplares al cautiverio.
MARI13. - Mantenimiento en cautiverio de ejemplares juveniles de centolla,	Aclimatar ejemplares al cautiverio.
MARI14. - Determinación del blanco acústico en larvas y alevines de besugo, <i>Pagrus pagrus</i> .	Poner a punto la técnica hidroacústica.

Actividad	Objetivo
MARI1.- Suministro y tratamientos de agua de mar.	Asegurar el abastecimiento constante de agua de mar.
MARI2.- Alimentación y mantenimiento de sistemas de agua.	Contar con alimento natural a lo largo del año. Mantener sistemas de agua en condiciones operativas.
MARI3.- Producción masiva de microalga <i>Nannochloropsis oculata</i> en el exterior.	Disponer de microalgas para el alimento vivo y la larvicultura de organismos marinos.
MARI4.- Mantenimiento de cepas de microalgas.	Mantener un cepario axénico con especies de microalgas de aplicación en acuicultura.
MARI5.- Producción intermedia de microalga <i>Isochrysis sp.</i> en interior.	Poner a punto la técnica de producción de esta microalga.
MARI6.- Producción de alimento vivo.	Producir rotíferos, copépodos y <i>Artemia</i> enriquecidos para larvas de organismos marinos.
MARI7.- Maduración y reproducción del lenguado (<i>Paralichthys orbignyanus</i>).	Controlar la reproducción del lenguado en cautiverio.
MARI8.- Larvicultura del lenguado (<i>Paralichthys orbignyanus</i>).	Incrementar la supervivencia larval. Reducir la despigmentación y malformaciones larvales.
MARI9.- Maduración y reproducción del besugo (<i>Pagrus pagrus</i>).	Obtener huevos viables para ensayos.
MARI10.- Alimentación de larvas de besugo (<i>Pagrus pagrus</i>).	Estimar el efecto de la densidad y distribución de presas sobre el crecimiento y mortalidad de larvas de besugo en cautiverio.
MARI11.- Administración del Programa.	Preparar y controlar pedidos de compras de insumos, bienes y servicios. Mantener control de stock patrimonial y droguero actualizado. Mantener archivos digitales actualizados.
MARI15.- Aplicación de bacterias heterótrofas en sistemas de recirculación de peces.	Evaluar el efecto del agregado de bacterias heterótrofas sobre la calidad del agua de los sistemas de recirculación.
MARI16.- Reemplazo parcial del aceite de pescado en dietas para juveniles de besugo	Evaluar el efecto del reemplazo de aceite de pescado por aceite de canola en dietas de juveniles de besugo

GHID: Gabinete de Hidroacústica. BME: Proyecto Bacteriología Marina y Estuarial. PROD: Programa Desarrollo de Productos, Procesos y Transferencia de Tecnología. MOLB: Programa Pesquerías de Moluscos Bentónicos.



PROGRAMA MARICULTURA Y BIOLOGÍA EXPERIMENTAL
Jefe Programa: Dr. Eddie Aristizabal
 López, A., Suárez, J., Radonic, M., Spinedi, M., Boccanfuso, J.J.,
 Martínez, P., Vega, A., Bianca, F. Y Bernatene, F.
INIDEP
 Estación Experimental de Maricultura. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero.
 Paseo Victoria Ocampo N°1. 7600 Mar del Plata, Argentina. miradonic@inidep.edu.ar



Misión
 Asistir a la Dirección del INIDEP en el desarrollo, adaptación y transferencia de técnicas de cultivo de organismos acuáticos de interés comercial.

Antecedentes
 A mediados de la década de 1990, el INIDEP comenzó con el desarrollo de tecnologías de cultivo de besugo (*Pagrus pagrus*) y lenguado (*Paralichthys orbignyanus*). En el año 2000, se firmó el Memorando de Entendimiento sobre Desarrollo de la Tecnología de Producción Masiva de Semillas de Besugo y Lengüado, entre la Fundación para la Cooperación Pesquera de Ultramar de Japón (OFCF) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (SAGPyA) de la República Argentina, el cual finalizó en Marzo de 2006. Su objetivo fue transferir la tecnología de producción de huevos y larvas, además de la construcción y donación de una Estación Experimental de Maricultura (EEM) totalmente equipada.

Tanto por la infraestructura y equipamiento existente, como por el personal capacitado en diferentes países del mundo, el INIDEP es el organismo adecuado para colaborar con las Provincias costeras en el desarrollo de cultivos marinos. Además, la moderna tecnología de recirculación empleada, no produce ningún impacto negativo sobre el medio ambiente y mejora las tasas de crecimiento de los organismos en cultivo.

Producción de Microalgas *Nannochloropsis oculata*



Rotíferos y Artemia



Preparación y secado en estufa del alimento balanceado elaborado en INIDEP.



1- Reproductores



2- Huevos



3- Hatchery



4- Pre-engorde



5- Engorde



Objetivo General:

- Desarrollar tecnología de producción comercial de organismos marinos.
- Asistir a otros Programas en el desarrollo de ensayos con organismos marinos vivos en laboratorio.

Objetivos específicos

- Asesorar y transferir tecnología de cultivos marinos.
- Suministrar juveniles para ensayos piloto-comerciales.

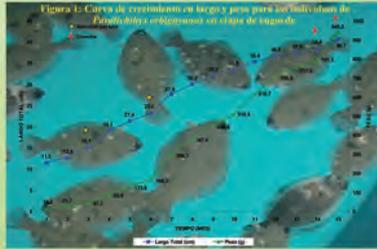
Actividades enmarcadas en otros Programas

- Mantenimiento y observación de ejemplares vivos de cefalópodos en cautiverio.
- Mantenimiento y reproducción en cautiverio de vieira, *Zigochlamys palagonica*.
- Determinación del blanco ácidoico en larvas y alevines de besugo, *Pagrus pagrus*.
- Aplicación de bacterias heterótrofas en sistemas de recirculación de peces.
- Reemplazo parcial del aceite de pescado en dietas para juveniles de besugo.

CONCLUSIONES

* El lengüado *P. orbignyanus* y el besugo *P. pagrus*, demuestran ser especies potenciales de engorde en Argentina dado su adaptabilidad al cautiverio con baja tasa de mortalidad, buena respuesta a los alimentos balanceados y calidad de su carne.

Figura 1- Carta de distribución de largo y peso para los individuos de *Paralichthys orbignyanus* en el área de engorde.



Programa investigaciones en economía pesquera del INIDEP. Enfoque y avances

Bertolotti M.^{1,2}, Errazti E.², Pagani A.², Gualdoni P.², Vázquez F.¹, Buono J.¹

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo pesquero –INIDEP. Paseo Victoria
Ocampo N° 1 Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina, maricelb@inidep.edu.ar,
fvazquez@inidep.edu.ar, pepino@inidep.edu.ar

Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Universidad Nacional de Mar del Plata. Funes
3260, Mar del Plata, Argentina, errazti@inidep.edu.ar; pgualdo@mdp.edu.ar, apagan@
inidep.edu.ar

Resumen

El Programa Investigaciones en Economía Pesquera del INIDEP iniciado en 2007 es desarrollado por el Grupo de investigación “Economía Pesquera” que funciona desde 1988 como una unidad integrada del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) y de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP).

El objetivo general del programa es el “Desarrollo de un marco conceptual y metodológico para el análisis del sistema pesquero, de las pesquerías y del sector pesquero, que guíe la construcción de indicadores socioeconómicos sistemáticos, que permita analizar los instrumentos reguladores y económicos utilizados en la política pesquera, con el objeto de alcanzar la viabilidad económica y facilitar la toma de decisiones de la administración pesquera.

Al tener en cuenta la multiplicidad de aspectos presentes en la actividad económica pesquera y su problemática, proponemos su abordaje a través del enfoque de sistemas, con la identificación de los componentes críticos pertinentes y sus indicadores, en función de los objetivos perseguidos; dado que el análisis del sistema pesquero, basado en el concepto de sistema socio-ecológico y la perspectiva del desarrollo sostenible, constituye una herramien-

ta útil para mostrar la relevancia de un abordaje holístico e interdisciplinario, con énfasis en las interrelaciones entre los sistemas naturales y socio económicos.

Los avances del programa se presentan a partir de una descripción sintética del Sistema Pesquero y a modo de Mapa de Conocimiento para compartir y cooperar, que registra: los resultados alcanzados desde 2007 indicando las referencias bibliográficas, fuentes de información, las vinculaciones con grupos, proyectos e instituciones afines y las investigaciones en curso; se incluyen, en forma complementaria, las publicaciones resultantes de investigaciones previas que fueron relevantes para describir el Sistema Pesquero Argentino.

Palabras claves

Economía pesquera, sistema pesquero, indicadores socioeconómicos.

Introducción

A partir del mes de febrero de 2007, mediante las Resoluciones INIDEP N° 8 y 9 se realizó una restructuración de la Dirección Nacional de Investigación, siguiendo los lineamientos establecidos por el Consejo Federal Pesquero, este órgano es el encargado de establecer los objetivos, políticas y requerimientos de las investigaciones científicas y técnicas referidas a los recursos vivos marinos de acuerdo con el artículo 11 de la Ley 24922. El objetivo fue potenciar la investigación científica en el ámbito del instituto, adoptando un nuevo modelo de trabajo, con el fin de alcanzar eficientemente los fines de la Ley 24922 (Régimen Federal de Pesca), de la Ley 21673 (Creación del INIDEP) y del Decreto 1063/2004 (donde se establecen los objetivos del INIDEP).

Con la concepción de que, investigación no sólo debe producir conocimiento, sino que éste además debe servir a las autoridades de aplicación y al Consejo Federal Pesquero, para la transformación de la realidad pesquera del país, potenciando la acción multidisciplinaria y transversal y los convenios de colaboración con otros organismos, públicos o privados, nacionales o extranjeros; se realizó un análisis estratégico que permitió identificar los Programas de investigación integrada, como un conjunto articulado de una o más líneas de investigación cuyo objeto es producir conocimiento científico-técnico de los recursos pesqueros y las pesquerías y del medio ambiente en que se desarrollan, considerando la importancia política, social y económica de cada tema de estudio. En este marco se creó el Programa Investigaciones en Economía Pesquera, con la Misión de “Asistir a la Dirección de Información, Operaciones y Tecnología, a la Dirección Nacional de Investigaciones y a la Dirección del INIDEP en la realización de las investigaciones de los aspectos económicos, sociales e institucionales de las pesquerías argentinas. (Res. INIDEP N° 008/07).

Objetivos

El objetivo general de programa es el “Desarrollo de un marco conceptual y metodológico para el análisis del sistema pesquero, de las pesquerías y del sector pesquero, que guíe la construcción de indicadores socioeconómicos sistemáticos, que permita analizar los instrumentos reguladores y económicos utilizados en la política pesquera, con el objeto de alcanzar la viabilidad económica y facilitar la toma de decisiones de la administración pesquera”.

Enfoque y avances

Al tener en cuenta la multiplicidad de aspectos presentes en la actividad pesquera, adoptamos el enfoque de sistemas (Bertalanffy, 2000), con la identificación de los componentes críticos pertinentes, en función de los objetivos perseguidos. El Sistema Pesquero se analiza a través de cuatro subsistemas básicos y sus interrelaciones, regulados por un subsistema Jurídico Institucional, que permitirá identificar el campo de actuación de la política pesquera. Se trata de una adaptación del sistema ambiental urbano propuesto por Kullock (1994), basado en el concepto de sistema socio-ecológico propuesto en el proyecto de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, “Evaluación de la Sostenibilidad en América Latina y el Caribe” -ESALC CEPAL- que distingue cuatro subsistemas principales: el social, el económico, el institucional, y el ambiental (Gallopín, 2006); y con la consideración de las dimensiones propuestas por la FAO (2000) en la elaboración de los indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. La descripción del sistema pesquero, principios y objetivos e instrumentos de política pesquera fueron descritos por Bertolotti *et al.*, 2008. Cuanto mayor sea el conocimiento acerca del Sistema Pesquero o de la problemática pesquera analizada, y completa y oportuna la información disponible, mayor será la capacidad y la racionalidad de los participantes para analizar con precisión las complejas relaciones existentes entre los hechos de una situación dada y, en consecuencia, tomar decisiones acertadas. En general, las decisiones erróneas se deben a una inadecuada percepción de la realidad, información insuficiente, incapacidades para interpretar los resultados de las investigaciones y falta de asesoramiento adecuado respecto de variables críticas del sistema.

En términos de sustentabilidad, la economía pesquera se enfrenta a tres problemas básicos:

- **Distribución:** que se refiere a la división relativa del flujo de recursos (la captura) a cada interesado (los que participan del sector pesquero), a otros (resto de la sociedad) y a las generaciones futuras, siendo una buena distribución aquella que es justa y equitativa; el instrumento de política para lograrlo es el de las transferencias, como impuestos y pagos por seguridad social, por ejemplo, para no usuarios. La

distribución no estará determinada por los precios sino por decisiones de política social que refleje una distribución justa de los beneficios generados por el capital natural (los recursos pesqueros).

- **Escala:** se utiliza el término escala para denominar el tamaño total del sector pesquero y el rendimiento de la captura que puede alcanzar. La escala está determinada por los límites ecológicos y biológicos de los recursos.
- **Asignación:** que se refiere al flujo de los recursos entre usos alternativos de los recursos pesqueros (por ejemplo, productos para consumo humano, productos para harina de pescado). Una buena asignación es aquella que es eficiente; el instrumento de política que da lugar a una asignación eficiente es el de los precios relativos, determinados por la oferta y la demanda en mercados competitivos. En economía pesquera, la asignación eficiente no garantiza la sustentabilidad del Sistema Pesquero, ya que, los recursos como capital natural no tienen un precio explícito en el mercado y, además, porque se pescan las especies objetivo con demanda y se desechan especies acompañantes con efectos sobre el ecosistema.

De acuerdo con Costanza *et al.*, 1999 estos problemas se deben abordar en secuencia: primero, fijar los límites ecológicos y biológicos de la escala sustentable y establecer las políticas para asegurar que el rendimiento del sector permanezca dentro de estos límites; luego, establecer una distribución equitativa y justa de los recursos usando sistemas de compensaciones (impuestos-subsidios), sistemas de derechos y transferencia de propiedad y, finalmente, resueltos los problemas de escala y distribución, se usarán los mecanismos basados en el mercado para asignar los factores productivos eficientemente.

Es necesario generar capacidad de diagnóstico que pueda resultar útil para alertar sobre prioridades y seleccionar estrategias de intervención. Un insumo esencial para fortalecer y mejorar la toma de decisiones de los administradores pesqueros, ante un entorno económico y social cambiante es la información sistematizada a través de indicadores. En el capítulo 17 de la Agenda 21 de la Cumbre de la Tierra de Río, 1992 se requiere que la información científica sea oportuna, rápida y esté presente de una forma tal que pueda ser realmente comprendida y utilizada por múltiples actores. Existe la necesidad de identificar y valorar indicadores cuantitativos de gestión para el medio marino y costero y de mejorar la comprensión del valor económico asignado a los ecosistemas costeros.

En la práctica, en el ámbito nacional y provincial, se dispone de datos e información recolectados independientemente por instituciones que utilizan diferentes métodos, clasificaciones y estándares, para un amplio rango de propósitos y objetivos, sin que exista un marco conceptual que guíe la producción de información para la toma de decisiones en el contexto de un desarrollo pesquero sostenible. Todo ello redundaría en la existencia de datos incompatibles y de calidad dudosa e información inaccesible a los usuarios. Es necesario coordinar los esfuerzos y actividades para convertir los datos en información y esto es posible a partir de la

disponibilidad de indicadores de sustentabilidad económica que permitan elaborar información útil para la toma de decisiones. Para la adopción de políticas pesqueras es indispensable considerar en qué tipos de contextos se toman las decisiones: **certeza, riesgo, incertidumbre o conflicto**. La pesca responsable requiere de una sólida base científica interdisciplinaria y de un marco conceptual y metodológico que guíe y coordine la producción de información de calidad para la toma de decisiones.

Los resultados alcanzados entre 2007 y 2010 se presentan en el póster a partir de una descripción sintética del Sistema Pesquero y a modo de Mapa de Conocimiento relacionando las publicaciones realizadas y las presentaciones a los congresos con los componentes del sistema Pesquero.

En forma complementaria se incluyen las publicaciones seleccionadas resultantes de investigaciones previas que fueron relevantes para describir el Sistema Pesquero Argentino, considerando que el grupo actual se conformó en 1988.

Las publicaciones pueden ser solicitadas a la Biblioteca y Centro de Documentación del INIDEP biblio@inidep.edu.ar y al Centro de Documentación de Facultad de Ciencias Económicas y Sociales Universidad Nacional de Mar del Plata cendocu@mdp.edu.ar.

Vinculaciones establecidas para desarrollar las actividades durante 2010/2011

Otros programas del INIDEP

- Pesquerías de peces demersales costeros
- Pesquerías de condriictios
- Pesquerías de crustáceos
- Información oceanográfico pesquera
- Observadores a bordo de buques comerciales y muestreo de desembarques
- Telemetría satelital
- Gabinete de biomatemática
- Ecología pesquera
- Desarrollo de técnicas de cultivo de organismos marinos
- Desarrollo de artes de pesca, métodos de captura y transferencia de tecnología
- Desarrollo de productos, procesos y transferencia de tecnología

Otros organismos

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos –INDEC-
- Universidad Nacional de Mar del Plata. Facultad de Ciencias Económicas y

Sociales. Centro de Investigaciones Económicas.

- Pacto territorial constitutivo del Observatorio PYME regional General Pueyrredón y zona de influencia de la provincia de Buenos Aires.
- Unión Argentina de Pescadores Artesanales –UAPA-
- Red de Innovación y Desarrollo en Iberoamérica ACUINOVA del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Provincia de Buenos Aires, Ministerio de Asuntos Agrarios, Dirección Provincial de Pesca (DPP)
- Provincia de Tierra del Fuego, Secretaría de Desarrollo Sustentable y Ambiente
- Municipalidad de General Pueyrredón, y UNMP

Referencias

- Bertalanffy L. Von. 2000. *Teoría General de los Sistemas*. Fondo de Cultura Económica. 13^a reimpresión, 313 pp.
- Betolotti M.I, Errazti E., Gualdoni P., Pagani A. Principios de Política y Economía Pesquera. 2008. 1^a Edición, Buenos Aires, Editorial Dunken, 240 pp. ISBN 978-987-02-2085-4
- Costanza R., Cumberland J., Daly H., Goodland R., Norgaard R. 1999. *Una introducción a la Economía Ecológica*. Compañía Editorial Continental. 1^{ra} Edición México. 303 pp.
- FAO. 2000. Indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. *FAO Orientaciones técnicas para la pesca responsable*. N° 8: 68 pp. <http://www.fao.org/DOCREP/003/X3307S/X3307S00.HTM>
- Gallopin G.C. 2006. Sostenibilidad del Desarrollo en América Latina y el Caribe: cifras y tendencias. Honduras. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe -CEPAL- LC/W.104. *Documentos de proyectos*, Noviembre 2006, N° 104, 51 pp.
- Kullock D. 1994. Planeamiento ambiental de asentamientos urbanos. Centro de Investigaciones Ambientales. Universidad Nacional de Mar del Plata, 1994: 46 pp.

Resultados de la aplicación de técnicas de cultivo de moluscos bivalvos en criaderos bajo el modelo de empresa tutelada

Lastres M.A²., Andrés C²., Santamaría P., Guerra A¹.

¹Centro de Investigacións Mariñas (CIMA). Pedras de Corón, s/n. 36620. Vilanova de Arousa. Pontevedra.

² Instituto Galego de Formación en Acuicultura (I.G.A.F.A.). Niño do Corvo, s/n. 36626. Illa de Arousa. Pontevedra.

Introducción

La Consellería do Mar pretende mejorar los resultados de explotación y gestión en los cultivos de moluscos bivalvos mediante la producción de semilla producida en criadero. Se pretende sembrar esta semilla en el medio natural después de ser preengordada en un sistema suspendido (pantalán). El objetivo fue incrementar las poblaciones de semilla procedentes del reclutamiento natural, en las zonas de cultivo, para aumentar los ingresos de los colectivos de mariscadores en dichas zonas.

1. El sector productivo

Galicia (N.O. de España) explota parte de sus aproximadamente 1500 km de costa para la obtención de moluscos bivalvos entre los que se encuentran las almejas (*Venerupis pullastra*, Montagu, 1803; *Tapes decussatus*, Linné 1758; *Ruditapes philippinarum*, Adams, Reeve 1850). El valor comercial de estas especies en el año 2009 fue de unos 44 millones de euros, según cifras oficiales de la Xunta de Galicia.

2. Proyecto formativo

En el año 2000, la “Dirección Xeral de Desenvolvemento Pesqueiro” de la “Consellería do Mar” construyó dos criaderos piloto para realizar transferencia tecnológica al sector y que éste pudiera producir semilla de almeja para cubrir parte de su demanda, de forma

autónoma (Lastres *et al.*, 2008)

La puesta en marcha y validación de estas plantas de cultivo se realizó con la participación de técnicos en acuicultura titulados en el IGafa que recibieron una beca post-formativa de 2 años de duración bajo tutela de profesores de este centro y personal investigador del CIMA.



3. Traspase y aplicación tecnológica

Utilizando como modelo los criaderos piloto, se construyó en el año 2004 una instalación industrial en el N. de Galicia (Camarina) que en 2009 produjo 9,8 millones de unidades de almeja con talla de 2-3 mm destinada a preengorde.

Este criadero cuenta con una plantilla de 4 técnicos en acuicultura formados mediante el sistema de empresa tutelada en las instalaciones del IGafa.



4. Instalación de preengorde piloto

Como se puede observar en la tabla I, desde el año 2006, se produjeron anualmente de 5,8 a 13,5 millones de semilla de las tres especies de almeja de mayor valor comercial en Galicia.

Se realizaron los cultivos larvarios correspondientes en el criadero piloto hasta una talla de 2-3 mm y se preengordaron hasta 10 mm en un sistema flotante anexo a la instalación, donde se mantuvieron con circulación forzada de aire *air-lift* en recipientes plásticos sumer-

gidos, con alimentación natural.



Tabla I.- Resultados de producción en el preengorde (unidades de semilla para siembra en playa de 10 mm), de 2006 a 2009

año	Especie almeja (uds)		
	<i>Venerupis pullastra</i>	<i>Tapes decussatus</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>
2009	1.426.582	-	5.878.331
2008	4.596.081	543.120	1.839.463
2007	4.561.443	7.023.297	2.018.507
2006	3.755.252	355.793	1.788.982

Se ha demostrado que el sistema de preengorde es muy efectivo siempre que se maneje con personal técnico específicamente formado para realizar las distintas tareas (limpieza de recipientes, desdobles por talla, mantenimiento básico de la instalación, etc.).

De este modo puede alcanzar con alta supervivencia la talla de siembra (10 mm) en un tiempo de 3 meses, en función de la época del año en la que se inicie el preengorde en el pantalán a partir de ejemplares de talla 3 mm (Fernández, 2008).

Tomando como referencia el año 2009 se puede observar que la supervivencia para *Ruditapes philippinarum* en este sistema, desde la talla inicial de 2-3mm hasta 10 mm fue del 81%; para *Venerupis pullastra* fue del 55,6%. El valor comercial de esta semilla en el mercado con una talla de 2-3 mm (recién salida del criadero) sería de 48.502,69 € y con talla de 10 mm (después del preengorde en pantalán), sería de 79.718,27€ (Guerra, 2009).

El engorde de ambas especies se efectuó en el medio natural obteniendo una supervivencia del 50%. Basándonos en los datos oficiales de precio medio de venta (*R. philippinarum*: 6,90 €/kg; *V. pullastra*: 12,39 €/kg, datos obtenidos de www.pescagalicia.com), esa producción tendría un valor final en el mercado como se puede ver en la tabla II de 541.597,67 €.

Tabla II.- Desglose de la producción del año 2009

año 2009	Unidades iniciales en preengorde (2-3 mm)	Unidades finales de preengorde (>10mm)	Unidades recaptura Engorde en playa (talla comercial)	Valor en € de la producción (talla comercial)
<i>Ruditapes philippinarum</i>	7.254.379	5.878.331	2.939.166	405.604,84
<i>Venerupis pullastra</i>	2.566.648	1.426.882	713.441	135.992,83
Total	9.821.027	7.305.213	3.652.607	541.597,67

Referencias

- Fernández A., de Santiago J.A., Martín F., Otero M., Díaz V. 2008. Preengorde de semilla de almeja y ostra en sistema de flujo invertido al exterior. En: *11 Foro Rec. Mar. Acuic. Rías Gal.*. O Grove. Pontevedra. España. Rey M., Fernández J, Lodeiros C., Guerra A. (eds) 11: 555-559.
- Guerra A. 2009. Proyecto demostración de criaderos y semilleros para almejas en recintos de alta productividad. En: *12 Foro Rec. Mar. Acuic. Rías Gal. Jornadas sobre criaderos, semilleros y cultivo de almejas*. O Grove. Pontevedra. España. Rey M., Fernández J, Lodeiros C., Guerra A. 12: 739-748.
- Lastres M.A., Andrés C., Santamaría I., Guerra A. 2008. Proyecto formativo para técnicos de acuicultura en el desarrollo de criaderos de moluscos. En: *2 Foro Iber. Rec. Mar. Acuic.* Cumaná, Venezuela. Lodeiros C., Alió J., Freites L., González N., Guerra A., Rey-Méndez M. (eds) 2: 653-657.
- Xunta, 2010. www.pescagalicia.com

RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE TÉCNICAS DE CULTIVO DE MOLUSCOS BIVALVOS EN CRIADEROS BAJO EL MODELO DE EMPRESA TUTELADA



1. El sector productivo

Galicia (N.O. de España) explota parte de sus aproximadamente 1500 km de costa para la obtención de moluscos bivalvos entre los que se encuentran las almejas (*Venerupis pullastra*, *Tapes decussatus*, *Ruditapes philippinarum*) por un valor, en el año 2009, de 43.963.239,75 € (Xunta de Galicia).



Lastres, M.A¹., Andrés, C²., Santamaría, P. & Guerra, A¹.
 1 Centro de Investigacións Mariñas (CIMA), Pedras de Corón, s/n, 36620, Vilanova de Arousa, Pontevedra.
 2 Instituto Galego de Formación en Acuicultura (I.Ga.F.A.), Niño do Corvo, s/n. 36626, Illa de Arousa, Pontevedra.

2. Proyecto formativo

En el año 2000, la "Dirección Xeral de Desenvolvemento Pesqueiro" de la "Consellería do Mar" construyó dos criaderos piloto para realizar transferencia tecnológica al sector y que éste pudiera producir semilla de almeja para cubrir parte de su demanda, de forma autónoma.

La puesta en marcha y validación de estas plantas de cultivo se realizó mediante técnicas en acuicultura tituladas en el IGAFSA que recibieron una beca post-formativa de 2 años de duración bajo tutela de profesores de este centro y personal investigador del CIMA.



3. Trasvase y aplicación tecnológica

Utilizando como modelo los criaderos piloto, se construyó en el año 2004 una instalación industrial en el N. de Galicia (Camarinas) que en 2009 produjo 9.821.027 unidades de almeja con talla de 2-3mm destinada a preengorde.

Este criadero cuenta con una plantilla de 4 técnicos en acuicultura formados en las instalaciones del IGAFSA.



4. Instalación de preengorde piloto

Instalación anexa al criadero (pantalán) para el preengorde de semilla de almeja 2- 3 mm hasta alcanzar una talla cercana a 10 mm (siembra en medio natural).

Año	Especie almeja (uds)		
	<i>Venerupis pullastra</i>	<i>Tapes decussatus</i>	<i>Ruditapes philippinarum</i>
2009	1.426.582	-	5.878.331
2008	4.596.081	543.120	1.839.463
2007	4.561.443	7.023.297	2.018.507
2006	3.755.252	355.793	1.788.982

Tabla 1. Resultados de producción en el preengorde (unidades de semilla para siembra en playa), de 2006 a 2009

Año 2009	Unidades iniciales en preengorde (2-3 mm)	Unidades finales del preengorde (> 10 mm)	Unidades recaptura engorde en playa (talla comercial)	Valor en € de la producción (talla comercial)
<i>Ruditapes philippinarum</i>	7.254.379	5.878.331	2.939.166	405.604,84
<i>Venerupis pullastra</i>	2.566.648	1.426.882	713.441	135.992,83
Total	9.821.027	7.305.213	3.652.607	541.597,67

Tabla 2. Desglose de la producción del año 2009



GALICIA



Tratamiento de efluentes de granjas de rodaballo (*Pesetta maxima*) en Galicia (España)

Guerra¹A., Marcet² P., Otero¹ M., Fernández³ J., González² S.

¹Centro de Investigacións Mariñas. Consellería do Mar. Pedras de Corón s/n. Apdo. 13, Vilanova de Arousa. 36620 Pontevedra. e-mail: guerrad@cimacoron.org

²Área de Edafología. Escuela de Ingeniería Técnica Forestal. Campus de Pontevedra. Universidad de Vigo.

³Insuiña SL. Ardia 172. O Grove 36980. Pontevedra.

Resumen

Se analiza la utilización de la materia orgánica de los efluentes de piscifactoría en tierra de cultivo de rodaballo a través del preengorde de semilla de tres especies de moluscos bivalvos comerciales, que filtran las partículas finas (< 20micras) que arrastra el efluente, y de los lodos que constituyen el residuo grueso. Se evalúa su utilidad y valorización mediante procesos de compostaje y vermicompostaje.

Introducción

El proceso productivo en las explotaciones piscícolas, se generan considerables cantidades de lodos que quedan en gran parte depositados en las balsas de decantación, y cuya composición viene determinada por varios parámetros como los restos no consumidos de piensos y por las deyecciones y otros restos orgánicos procedentes de los peces. En Galicia (N.O. de España) en las granjas en tierra se producen unas 7.000 t de rodaballo, que suponen un stock estabulado de 5.000 t de biomasa de peces. La mayor parte de las granjas usan sistemas de circuitos abiertos y utilizan y vierten al exterior un caudal aproximado de 75.000 m³/h de mar. Esta producción precisa de unas 8.000 t/ año de pienso; es decir unas 22 t/día de las cuales alrededor de 3-5 t/día salen por el efluente en forma de materia orgánica particulada, constituida principalmente por restos de pienso y heces de los peces que se vierten al efluente

en forma de materia orgánica particulada, cuya base principal son las proteínas.

La iniciativa de integrar cultivo de peces y cultivo de bivalvos, se una alternativa en orden a obtener biomasa de moluscos a partir de los efluentes de estas granjas de peces, al tiempo que se disminuye, mediante la filtración de las partículas más finas, el impacto causado por la emisión de materia orgánica al medio marino. Ensayos previos (Guerra *et al.* 2007) señalan la posibilidad del preengorde de semilla de almeja con estas prácticas. Por otra parte, con relación a los residuos gruesos del efluente, el compostado de estos lodos se convierte en la mejor opción frente a la eliminación de los mismos; de este modo, los lodos dejarían de ser un problema económico y sanitario cuando se les atribuye un valor y un destino. En trabajos en este sentido como el de Marcet *et al.* (2009), se evalúan las posibilidades de utilización de estos lodos mediante dos procesos correlativos de tratamiento: compost y vermicompost.

En este trabajo se analizan ambas vías de tratamiento del material orgánico que arrastran los efluentes: de partículas finas por filtración de semilla de moluscos y de tratamiento del residuo grueso para utilización en actividades forestales.

Metodología

A) Particulado fino: ensayos de preengorde de semilla de moluscos.

Las experiencias se realizaron simultáneamente en tres sistemas de peengorde (Fig. 1), siguiendo métodos similares: en efluente de piscifactoría (piscifactoría de Insuiña, SL), en semillero con aporte de fitoplancton de “bloom” exterior (semillero asociado al criadero de Remagro, SA) y pantalán en recinto marino ubicado en área portuaria en Camariñas (Costa da Morte, Galicia).

La piscifactoría de Insuiña, es la más antigua en la producción de rodaballo, tiene una producción aproximada es de 150 t/año, precisando para ello un caudal entre 1000 y 1500 m³/h que se vierten al efluente. De estos, alrededor de 60 m³/h son prefiltrados (con filtro rotativo <200 micras) y derivados a piscinas longitudinales (7x1x0,5m) adaptadas para el preengorde de semilla de moluscos en sistema de flujo invertido, en contenedores de 0.3m de diámetro.

La semilla que procedieron de criadero (Remagro, SA) fueron de tres especies comerciales: ostra japonesa (*Crassostrea gigas*), almeja japonesa (*Tapes philippinarum*) y almeja babosa (*Venerupis pullastra*). Las tallas iniciales se indican en la Tabla I. Las experiencias se realizaron en paralelo y de forma simultánea en un semillero tradicional suplementado con fitoplancton de *bloom* natural y en un semillero ubicado en recinto portuario. La experiencia se desarrolló durante dos meses hasta que la semilla alcanzó la talla adecuada para su cultivo normalizado, en batea (ostra) o en substrato en parque de cultivo (almejas).

Las tasas de crecimiento, en longitud (L) y peso (W), se calculan mediante la formula $G_{30(L,w)} = 30/\text{días} \times \ln Lf/\ln Li$.

Al final del proceso de preengorde de la semilla se realizaron análisis para determinar el nivel y tipo de microbiota asociada al tipo de cultivo. Para ellos se utilizaron pruebas estándar de bacteriología en tubo y placa. Como método de identificación complementario se llevó a cabo la secuenciación del gen 16S rRNA de los aislados, utilizando cebadores universales para el mencionado gen.



Figura 1.- Sistemas de preengorde de semilla. De izquierda a derecha, en efluente de piscifactoría (Insuiña SL), en semillero con aporte de fitoplacton (Remagro, SA) y en pantalán en recinto portuario (Camariñas, A Coruña).

B) Lodos con residuos gruesos

El lodo utilizado es un material líquido, por lo que se hizo necesario recurrir al uso de un estructurante sólido. Los residuos gruesos compactados, procedentes de los lodos del efluente, se analizaron y se realizaron pruebas de compostaje, en la empresa ECOCELTA, con dos tipos de materia complementaria compactante: con serrín de pino, y de lodos con restos de fruta, serrín y estiércol de granja de pollo. Se estudió la evolución de las propiedades químicas del suelo en función de los distintos tratamientos y dosis de *compost*. También se evaluó la tasa de mineralización del nitrógeno con los diferentes tratamientos.

Resultados y discusión

A) De preengorde de semilla de moluscos bivalvos

Se ensayaron diferentes densidades de semilla, determinando la de 6c kg de semilla/m² para el inicio de las pruebas de preengorde. El crecimiento de las tres especies en invierno (con temperaturas entre 7 y 13°C) disminuyó, en menor medida de la almeja babosa con

crecimiento apreciable a partir de 13-15°C. Al final del periodo de semillero las tasas de recaptura variaron entre el 50% en el sistema de efluente y 70% en el de recinto portuario. Los periodos de preengorde variaron entre 60 y 90 días en primavera e inicio de verano, y 120 a 150 días el resto del año.

El preengorde de moluscos en efluente de piscifactoría es una alternativa válida por los bajos costes operativos al tiempo que disminuye el aporte de materia orgánica al medio marino. Es una buena opción para la almeja babosa y japonesa, aunque deben coordinarse y corregirse aspectos derivados de los descensos de acidez en el efluente (que provocan descalcificaciones en las valvas), en periodos de fuertes lluvias o elevada biomasa de peces en determinadas épocas del año.

Tabla I.- Resultados del preengorde en los tres sistemas.

Especie	Inicio		Final								
	L(mm)	P(mg)	Tratamiento								
			Efluente piscifactoría			Semillero con aporte fitoplancton			Semillero exterior en recinto portuario		
			Lf(mm)	G _{30L}	G _{30W}	Lf(mm)	G _{30L}	G _{30W}	Lf(mm)	G _{30L}	G _{30W}
Ostra japonesa	5,2 ± 0,8	25,6 ± 9,4	6,7 ± 2,0	0,14	0,61	8,5 ± 2,5	0,27	1,17	14,6 ± 2,9	0,57	1,88
Almeja japonesa	6,6 ± 0,7	46,7 ± 15,7	9,8 ± 1,4	0,22	0,90	12,2 ± 2,1	0,34	1,26	13,1 ± 1,8	0,38	1,31
Almeja babosa	5,2 ± 0,6	15,96 ± 5,04	9,4 ± 0,9	0,33	1,26	9,0 ± 0,9	0,36	1,37	13,6 ± 1,7	0,53	1,86

Los resultados de los análisis bacteriológicos indicaron la presencia en las semilla preengordada en efluente, de microbiota asociada a los cultivos de peces (*Vibrio splendidus*, *V. gigantis*, *V. ponticus*, *V. agarivorans*), apareciendo también alguna especie con potencial patogénico para peces y moluscos (*V. harvey*, *V. corallilyticus*, *V. tubiashi*, entre otros).

B) Particulado grueso

El vermicompostaje directo del lodo mezclado con los estructurantes resultó letal para las lombrices debido a la elevada salinidad. Por ello se sometieron las mezclas a un previo proceso de compostaje. Una vez obtenido el *compost*, éste fue inoculado con lombrices. Al cabo de 24 horas se realizó una revisión de supervivencia. Al cabo de dos meses todo el *compost*, fue digerido por las lombrices inoculadas y por lo tanto excretado en forma de vermicompost o *humus* de lombriz. Con el vermicompostado se consigue corregir notablemente la elevada conductividad eléctrica del lodo fresco, también se eleva la relación C/N y se reduce la humedad del residuo, lo que facilita su aplicación en el suelo

Marcet *et al.* (2010a), analizan las características de los lodos y de estos mezclados con diferentes estructurantes, concluyen que el material evaluado es adecuado para compostaje, los resultados indican que la adición de los lodos de granjas de rodaballo puede considerarse una buena estrategia para fertilizar suelos forestales degradados. Estos lodos dan lugar a compost con elevado nivel de nutrientes, bajo contenido en metales pesados, contenido bajo en sales solubles y elevada estabilidad.

El efecto fitotóxico de estos lodos se determinó realizando bioensayos de germinación con *Lolium perenne* (Guerra *et al.*, 2010), a partir de los resultados obtenidos se seleccionaron dos tipos de vermicompost (lodo + serrín y lodo + restos de frutas) para realizar incubaciones de laboratorio con suelos procedentes de cantera y de áreas forestales quemadas (Marcet *et al.*, 2010b).

Los resultados sugieren que la aplicación de lodo de piscifactoría vermicompostado supone un importante aporte de materia orgánica al suelo, así como de fósforo en forma disponible. El aporte de N-NO_3^- y de N-NH_4^+ es bajo, debido a una tasa baja de mineralización, provocada principalmente por la elevada relación C/N.

La aplicación del vermicompost al suelo se traduce en:

- a. El incremento del contenido de materia orgánica, lo que supone un primer paso en la recuperación de su calidad
- b. Un incremento del contenido de fósforo en forma asimilable
- c. El incremento significativo de nitrógeno amoniacal y nitratos en el suelo
- d. Valores elevados de la relación C/N, que indican inmovilización de nitrógeno en el suelo
- e. Una baja tasa de mineralización de nitrógeno en los suelos enmendados con el vermicompost de lodo a lo largo del proceso de incubación, lo que provoca una aportación relentizada de las formas de N asimilable en el suelo y por lo tanto debería de minimizar las pérdidas de N lixiviado

Los resultados de las incubaciones en el laboratorio permiten concluir que la aportación de vermicompost de lodo a suelos degradados es una opción viable para iniciar su recuperación.

Agradecimientos

Este trabajo está financiado por el proyecto “semillero de moluscos bivalvos en efluente de granja de rodaballo” (Codigo: 09MMA009E) del programa sectorial de Investigación Aplicada I+D SUMA, de Tecnología Sectorial: Medio Mariño. (INCITE).

Referencias

- Guerra A., Novoa S., Besada M., Búa I., Lastres M., Fernandez J., Asela R. 2007. Crecimiento y composición bioquímica de semilla de almeja japonesa (*Tapes philippinarum*) y almeja babosa (*Venerupis pullastra*), obtenida en criadero y cultivada en diferentes sistemas de Preengorde y en parque de cuyltivo. *XI Congreso Nac. Acuicult.* T.I: 467-470.
- Guerra A., Marcet P., Otero M., Fernández J., González S. 2010. Use and treatmens of organic matter of turbot hatcheries effluents in Galicia (NW Spain). *En: European Aquaculture Society (Ed.). European Aquaculture10, Abstract Book: 540-541.* Porto. Portugal
- Marcet P., Gonzalez S., Otero M., Fernandez J., Guerra A. 2009. Valorización de residuos de efluentes de piscifactoría. *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.* 11: 609-614.
- Marcet P., Guerra A., González S., Otero M., Eiroa J. 2010a. Composing and vermicomposting of settleable solid fish waste (manure) from commercial turbot farm. *En: Claudia S.C., Marques dos Santos Cardovil, Luis Ferreira (Eds). RAMIRAN 2010. Treatment and use of organic residues in agriculture: challenges and opportunities towards sustainible management.* Lisboa. Portugal.
- Marcet P., Guerra A., González S., Otero M., Eiroa J. 2010b. Effects of fish manure vermicompost on a soilk affected by wildfire. *En: Claudia S.C., Marques dos Santos Cardovil, Luis Ferreira (Eds). RAMIRAN 2010. Treatment and use of organic residues in agriculture: challenges and opportunities towards sustainible management.* Lisboa. Portugal.

TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE GRANJAS DE RODABALLO (*Psetta maxima*), EN GALICIA (ESPAÑA)



García, A.*, Marín, P**, Olea, M*, Fernández, J*** & González, S**

*Centro de Investigación Mariña, Pedras de Cabalo s/n, Aspó, 15114 Vilanova de Arousa, 36620 Pontevedra. e-mail: gaurica@ccimacion.org

**Área de Edafología, Escuela de Ingeniería Técnica Forestal, Campus do Pontevedra, Universidade de Vigo.

***Insulana S.L. Ardi, 172, 36990 O Grove, Pontevedra.

Introducción

En Galicia (N.O. de España) se producen unas 8000 Tm/año de rodaballos en piscifactorías en tierra. El 90% de estas granjas en zonas de aguas cercenoras y en esa mayoría no poseen sistema de depuración. Se estima un stock global de aproximadamente de 3800 Tm y cada kg/año por especie 15 litros. El agua de mar entra con oxígeno a los depósitos de rodaballos y oxígeno real de la piscifactoría con 9 ppm, lo que supone que el 60% de esta materia orgánica procede del mar y el resto aportan los restos de pienso. De este pienso el 50% lo forman proteínas. Los residuos de partículas finas (< 100 micras) que están por el agua son en mayoría frente a los de partículas gruesas.

Con este proyecto se pretende: a) el tratamiento y recuperación de las partículas más finas del residuo en material biológico aprovechable para la integración con otros sistemas de producción animal (en el presente caso en rotatorios bivalvos, a través del pre-enriquecimiento de semillas de ostras y almejas); b) valorar el tratamiento y conversión de los sólidos más gruesos de efluente como materia orgánica aprovechable para agricultura y bosques forestales; c) disminuir el impacto medio-ambiental de esos efluentes en el entorno marino.

Materiales y métodos

EFLUENTE

A. Pre-enriquecimiento de semillas en semillero (nurser).

Las operaciones de producción de la perla se realizan en el grupo de rodaballos de la isla de "Sa" de la Ria de Arousa. La semilla procede del criadero (REINADO) GAL de tres especies comerciales: ostra japonesa (*Crassostrea gigas*), almeja japonesa (*Tapes phillipponensis*) y almeja europea (*Donax sardus*). Las tres especies se indican en la Tabla 1. Las operaciones se realizan en paralelo y de forma simultánea en un semillero tradicional superintendido con respiración de flujo natural y en los semilleros abudado en recinto protegido. La temperatura se mantiene durante dos meses hasta que la semilla alcanza la talla adecuada para su cultivo normalizado en balsa (ostras) o en cultivo en parque de cultivo (almejas).

Las tallas de crecimiento, en longitud (L) y peso (W) se calculan en la siguiente fórmula: $Coef = 30 \cdot L^{0.8} \cdot W^{0.1}$



B. Lodos con residuos gruesos

Los residuos gruesos compactados, procedentes de los fondos del cultivo de almejas y de residuos producidos de compostaje, en la empresa de compostaje BIOVALIA, con dos tipos de granules compactados de la siguiente forma: 1) Plus peabody y 2) bolón con residuo bivalvo, en residuo compactado y en plus, se reducen la evaporación de los nutrientes y evitan el lavado en las zonas de los distintos tratamientos y zona de compostaje. También se evita la pérdida de materia orgánica que permanece en los distintos tratamientos aplicados.



Resultados y conclusiones

A. De ensayos de pre-enriquecimiento de semillas de bivalvos.

En la Tabla se indican los resultados del pre-enriquecimiento de semillas de las tres especies y en los tres sistemas de semillero.

Especies	INICIO		FINAL								
	L (mm)	P (mg)	Efluente pre-enriquecido			semillero con aporte de partículas			semillero abudado en recinto protegido		
			U (mm)	O5L	O30W	U (mm)	O5L	O30W	L (mm)	O5L	O30W
Ostra japonesa	6.8 ± 0.7	25.6 ± 3.4	6.7 ± 2.0	0.14	0.51	0.5 ± 0.5	0.27	1.17	11.6 ± 2.9	0.57	1.66
Almeja japonesa	4.8 ± 0.7	46.7 ± 16.7	4.8 ± 1.4	0.22	0.80	12.2 ± 2.1	0.34	1.26	15.1 ± 1.8	0.58	1.31
Almeja europea	5.2 ± 0.8	135.6 ± 7.38	14.4 ± 0.5	1.7	1.56	10.1 ± 2.1	0.46	1.17	11.6 ± 1.1	1.53	1.50

Las ostras abudadas en menor medida las ostras japonesas se muestran como mejores con opciones tentativas para el cultivo en los efluentes, frente a los sistemas abudados de semillero.

B. De tratamiento de lodos para usos agrícolas y forestales.

El proceso de compactación y venta con plus de los lodos permite controlar la elevada conductividad del lodo fresco, se eleva la relación C/N y se reduce notablemente la humedad del mismo lodo. La aplicación del ventilador post-tratado se aplica:

- Un tratamiento del contenido de materia orgánica, lo que supone un primer paso en la recuperación de su calidad.
- La incorporación controlada de lodo, en forma de materia orgánica.
- Un aumento de la actividad de los microorganismos en el suelo.
- Una mejora de la relación C/N, que a su vez conlleva una mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo.
- Una mejora de la estructura del suelo y de la actividad de los microorganismos en el suelo, lo que otorga una actividad y fertilidad de las formas de N asimilable en el suelo y de la tanto de la de minimizar las pérdidas de N lavado.

Los resultados de las incorporaciones en el laboratorio permiten concluir que la incorporación de ventilador de lodo a su alta digestión es una opción viable para iniciar su recuperación.

Agradecimientos

Este proyecto está financiado por el programa de actividades de investigación aplicada, Planes HD e I+D+D+D del Plan Galego de Investigación, Desenvolvemento e Innovación Tecnolóxica (PICITE).

Utilización de pienso artificial para el incremento del índice gonadal en erizos (*Paracentrotus lividus* Lamark, 1816)

Grimón M.¹, Vilches J.¹, Briz O.¹, Santana I.¹, Navarro P.G.¹, Tavares D.R.¹, Barrio J. M.¹, González N.¹, Rey-Méndez, M.³, Catoira J.L.²

¹Departamento de Gestión Litoral y Desarrollo Sostenible. Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM). Ctra. Taliarte s/n 35200 Telde, Las Palmas, España. Correo-e: monicagd@iccm.rcanaria.es

²Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos. Xunta de Galicia. Delegación Territorial de A Coruña. Casa do Mar 5ªP, 15006-A Coruña, España.

³Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidad de Santiago de Compostela. CIBUS, Campus Vida, Universidad de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, España.

Resumen

Este trabajo se ha realizado como complemento a las líneas de actuación del proyecto JACUMAR “Cultivo y gestión del erizo” en Canarias, en el cual se pretende determinar si este protocolo de mejora gonadal que se está realizando en Galicia podría aplicarse al erizo de las islas, con la finalidad de mejorar la condición, textura y color de las gónadas de los erizos, empleando dietas energéticas, efectivas y económicas, durante periodos cortos de tiempo y posibilitando la mejora de la calidad de las gónadas de aquellos erizos que, debido a las zonas en las que se han desarrollado o a la época del año, presenten una baja condición.

Para ello, se han extraído mensualmente de una misma localidad (Arinaga-Gran Canaria), previamente escogida, 30 erizos adultos, de forma que para 10 de ellos fueron tomadas las medidas morfométricas directamente (diámetro, peso de erizo y peso de gónada), para otros 10 al cabo de un mes manteniéndolos en tanques de cultivo, con alimentación semanal empleando un pienso experimental diseñado para la mejora gonadal, y para los 10 restantes al cabo de 2 meses. Este procedimiento se ha repetido durante un ciclo anual con el objeto de realizar un seguimiento temporal del estado de las gónadas con la alimentación elegida.

Los resultados muestran un descenso del índice gonadal a lo largo del primer mes y una ligera recuperación posterior, no llegando a presentar un incremento significativo. Sin embargo, los periodos en los que se partió de un índice gonadal inicial más bajo, presentaron una mejora significativa al finalizar la experiencia de cultivo.

Palabras clave

Paracentrotus lividus, engorde, pienso, mejora gonadal, índice gonadal

Introducción

El valor comercial del erizo *Paracentrotus lividus*, está dado por la calidad de sus gónadas, jugando un papel muy importante su tamaño, color y textura. Por este motivo, una de las aplicaciones inmediatas, desde el punto de vista económico, es el diseño de piensos dirigido a la mejora de las gónadas, optimizando a la vez la textura y color de las mismas (Hormazabal *et al.*, 2007; Romo C.R. 2003)

Los empresarios que actualmente procesan erizos (enlatado de gónadas, por ejemplo) muestran su preocupación por los bajos rendimientos de las gónadas en ciertos momentos del período de explotación de los erizos, lo que conlleva a la necesidad de paro de la extracción (o una merma del precio de venta) en la época de menor desarrollo gonadal.

El objetivo de este trabajo fue utilizar un pienso diseñado para mejora gonadal, con el que se valoró la efectividad del mismo en el incremento del índice gonadal del erizo en periodos cortos de tiempo, desde porcentajes no rentables (3-5%), a otros que rentabilicen el proceso de extracción más sostenible del recurso (3 veces menos individuos extraídos tendrían la misma cantidad de gónada procesable), todo ello sin depender del estado de la gónada inicial; dado que este recurso todavía no es explotado en Canarias, por lo que se pretendió es poner de manifiesto al sector pesquero los beneficios que supondrían explotar este recurso de forma sostenible, permitiendo diversificar las especies pesqueras en esta comunidad.

Metodología

Se extrajeron de una misma localidad (Arinaga-Gran Canaria), previamente escogida, 30 erizos adultos mensualmente, de forma que 10 de ellos fueron considerados los individuos en estado 0 (medio natural), muestrándolos directamente y los otros 20 se mantuvieron en cultivo durante 2 meses, en tanques con circuito abierto y aireación controlada, con alimen-

tación semanal con el pienso diseñado para mejora gonadal (Fig.1).



Figura 1.- Muestreo mensual de erizos.

Transcurrido el primer mes (estado 1), 10 de ellos fueron muestreados para ver la evolución mensual de las gónadas, y finalmente el segundo mes (estado 2) se muestrearon los otros 10 erizos con la misma finalidad que los anteriores. Con ello se ha podido realizar un seguimiento temporal del estado de las gónadas, para poder evaluar el efecto del pienso energético sobre las mismas.

Este proceso se ha repetido mensualmente para completar un ciclo anual de estudio. Esto ha permitido observar las diferencias en la maduración de las gónadas con la misma dieta, en función del estado inicial de las mismas, es decir, comprobar si existe estacionalidad.

Los parámetros analizados para evaluar mensualmente el estado de las gónadas han sido los siguientes (Figs. 2 y 3):

- ◇ Peso erizo, altura erizo, diámetro, peso gónada, textura gónada, color gónada



Figura 2.- Toma medidas morfométricas de los erizos muestreados.



Figura 3.- Cestas con erizos sometidos a engorde con pienso formulado.

El pienso energético formulado para este experimento de mejora gonadal, se ha basado en un aporte extra de proteínas y carbohidratos con contenido extra de pigmentos como el β -caroteno para mejorar no solo la calidad sino la textura y color de las gónadas muy importantes a nivel comercial.

Los ingredientes de este pienso han sido los siguientes:

◇ Harina de pescado.....	15%
◇ Mezcla de algas	10%
◇ Harina de soja	5%
◇ Harina de trigo.....	30%
◇ Agar	25%
◇ Carragenatos	12%
◇ CaCO ₃	2%
◇ Aceite de girasol.....	0,76%
◇ β-caroteno.....	0,24%

Resultados y conclusiones

Existe una variación estacional en la respuesta de los individuos a la dieta suministrada, lo que nos proporciona no solo la efectividad del pienso suministrado en la mejora de la calidad de las gónadas en épocas de menor desarrollo gonadal, sino también establecer cuales son las mejores épocas para explotar este recurso de manera más rentable (Fig. 4)

Según los resultados obtenidos, se aprecia (Fig. 5) una mejora significativa en los valores de índice gonadal para los casos en los que el estado inicial era bajo ($\leq 5\%$), sin embargo, la tendencia general cuando este índice era mayor, ha sido un descenso en su valor en el primer mes y una recuperación en el segundo que en algunos casos ha superado el valor inicial pero de forma significativa.



Figura 4.- Gónadas de erizos obtenidas en las experiencias.

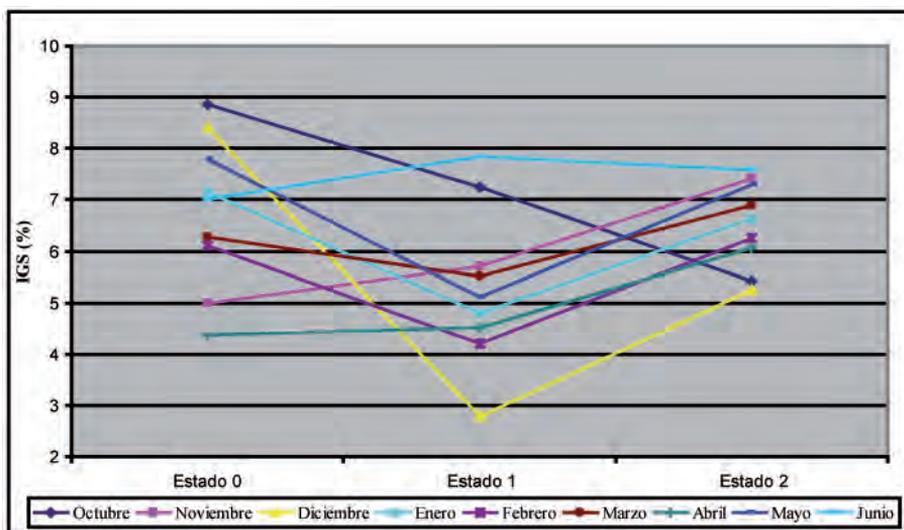


Figura 5.- Evolución del índice gonadal según el mes de inicio.

Parece que la distribución del rendimiento gonadal en el medio (estado 0) presenta máximos en octubre y en diciembre, y mínimos en noviembre. A lo largo de los meses de enero, febrero y marzo, se estabilizan en valores medios cayendo en abril. Se observa una recuperación en mayo y junio con valores medios altos (Fig. 6). Este patrón muestra algunas similitudes con los valores presentados en otros trabajos en localidades cercanas, en los que se presenta la distribución anual del índice gonadal.

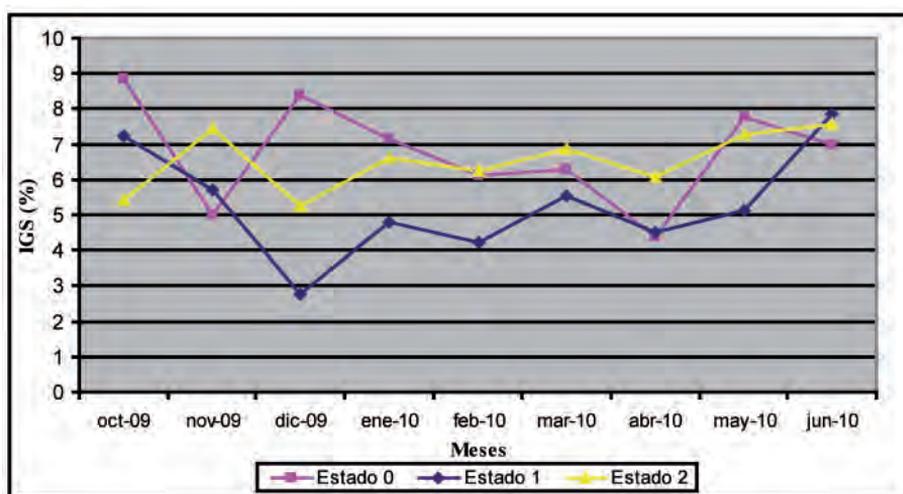


Figura 6.- Evolución mensual del índice gonadal para cada uno de los estados.

Con la dieta suministrada, se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto a mejora gonadal en los meses de abril y de noviembre. Este hecho coincide con la recuperación de las gónadas en el medio.

Sin embargo, los meses en los que la tendencia en el medio fue creciente, no muestran una mejora significativa en los índices gonadales encontrados. En los meses de octubre y diciembre, se obtuvieron los valores más altos del índice gonadal en el estado inicial, por lo que los resultados obtenidos a lo largo de los meses de engorde no presentaron ninguna mejora, encontrándose los peores resultados.

Los resultados parecen indicar que el engorde del erizo de mar *Paracentrotus lividus* para su comercialización mediante el uso de un pienso artificial puede ser válido siempre y cuando las condiciones de partida sean adecuadas, es decir, que los índices gonadales iniciales sean bajos y que el periodo de cultivo no sea inferior a los dos meses.

Agradecimientos

Proyecto financiado por los Planes Nacionales de Acuicultura JACUMAR (Secretaría General del Mar, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino)

Referencias

- Hormazábal D., Vargas C., Figueroa M. 2007. Variaciones en los atributos de calidad de lenguas de erizo rojo (*Loxechinus Albus*) en función del uso alternado de dietas naturales y formuladas.
- Romo C.R. 2003. Desarrollo de una dieta artificial para optimizar la calidad comercial de gónadas café de erizos (*Loxechinus Albus*) de la XII Región, destinadas al mercado de exportación. FONDEF.



Utilización de pienso artificial para el incremento del índice gonadal en erizos (*Paracentrotus lividus* Lamark, 1816)



Grimón M.¹, Vilches J.¹, Briz O.¹, Santana I.¹, Navarro P.G.¹, Tavares D.R.¹, Barrio J. M.¹, González N.¹, Rey-Méndez, M.³, Catoira J.L.²

¹ Departamento de Gestión Litoral y Desarrollo Sostenible. Instituto Canario de Ciencias Marinas (ICCM), Ctra. Taliarte s/n 35200 Telde, Las Palmas, España. Correo-e: monicag@iccm.rcanaria.es

² Consellería de Pesca e Asuntos Marítimos, Xunta de Galicia. Delegación Territorial de A Coruña. Casa do Mar 5ºP. 15006-A Coruña, España.

³ Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Universidade de Santiago de Compostela. CIBUS, Campus Vida, Universidade de Santiago de Compostela, 15782 Santiago de Compostela, España.

INTRODUCCIÓN

El valor comercial del erizo *Paracentrotus lividus*, está dado por la calidad de sus gónadas, jugando un papel muy importante su tamaño, color y textura. Por este motivo, una de las aplicaciones inmediatas, desde el punto de vista económico es el diseño de piensos dirigido a la mejora de las gónadas, optimizando a la vez la textura y color de las mismas (Hormazabal et al., 2007; Romo C.R. (2001-2003).

El objetivo de este trabajo fue utilizar un pienso diseñado para mejora gonadal, con el que se valoró la efectividad del mismo en el incremento del índice gonadal del erizo en periodos cortos de tiempo, desde porcentajes no rentables (3-5%), a otros que rentabilicen el proceso de extracción más sostenible del recurso (3 veces menos individuos extraídos tendrían la misma cantidad de gónada procesable), todo ello sin depender del estado de la gónada inicial. Dado que este recurso todavía no es explotado en Canarias, lo que se pretendió es poner de manifiesto al sector pesquero los beneficios que supondrían explotar este recurso de forma sostenible, permitiendo diversificar las especies pesqueras en esta comunidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se extrajeron de una misma localidad (Ariñaga-Gran Canaria), previamente escogida, 30 erizos adultos mensualmente, de forma que 10 de ellos fueron considerados los individuos en estado 0 (medio natural), muestreándolos directamente y los otros 20 se mantuvieron en cultivo durante 2 meses, en tanques con circuito abierto y aireación controlada, con alimentación semanal con el pienso diseñado para mejora gonadal (Fig. 1).

Trascurrido el primer mes (estado 1), 10 de ellos fueron muestreados para ver la evolución mensual de las gónadas, y finalmente el segundo mes (estado 2) se muestrearon los otros 10 erizos con la misma finalidad que los anteriores. Con ello se ha podido realizar un seguimiento temporal del estado de las gónadas, para poder evaluar el efecto del pienso energético sobre las mismas.

Este proceso se ha repetido mensualmente para completar un ciclo anual de estudio. El pienso energético formulado para este experimento de mejora gonadal, se ha basado en un aporte extra de proteínas y carbohidratos con contenido extra de pigmentos como el β -caroteno para mejorar no solo la calidad sino la textura y color de las gónadas muy importantes a nivel comercial.



Fig 2. Muestreo mensual de erizos

Fig 1. Cestas con erizos sometidos a engorde con pienso formulado

Fig 3. Toma de medidas morfométricas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los resultados obtenidos, se aprecia (Fig. 5) una mejora significativa en los valores de índice gonadal para los casos en los que el estado inicial era bajo (<5%), sin embargo la tendencia general cuando este índice era mayor, ha sido un descenso en su valor en el primer mes y una recuperación en el segundo que en algunos casos ha superado al valor inicial pero de forma poco significativa. En los meses donde se obtuvieron los valores más altos del índice gonadal en el estado inicial (Octubre, Diciembre y Mayo), los resultados obtenidos a lo largo de los meses de engorde no presentaron ninguna mejora.

Los resultados parecen indicar que el engorde del erizo de mar *Paracentrotus lividus* para su comercialización mediante el uso de un pienso artificial puede ser válido siempre y cuando las condiciones de partida sean adecuadas, es decir, que los índices gonadales iniciales sean bajos (meses de Noviembre y Abril) y que el periodo de cultivo no sea inferior a los dos meses (Fig. 6).

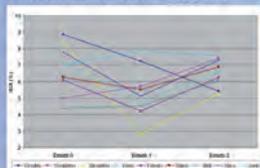


Fig 5. Evolución del índice gonadal según el mes de inicio.

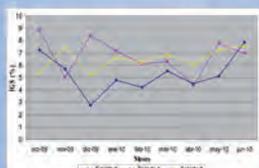


Fig 6. Evolución mensual del índice gonadal para cada uno de los estados.



Fig 4. Gónadas de erizos obtenidas en las experiencias

BIBLIOGRAFÍA

Hormazabal, D.; Vargas, C. & Figueroa, M. (2007). Variaciones en los atributos de calidad de lenguas de erizo rojo (*Loxechinus Albus*) en función del uso alternado de dietas naturales y formuladas.
Romo C.R. (2001-2003). Desarrollo de una dieta artificial para optimizar la calidad comercial de gónadas café de erizos (*Loxechinus Albus*) de la Xª Región, destinadas al mercado de exportación. FONDEF

Proyecto financiado por los Planes Nacionales de Acuicultura JACUMAR (Secretaría General del Mar, Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino)



Valorización socioeconómica del erizo *Diadema aff. antillarum* como nuevo recurso pesquero para la mejora ambiental de los fondos rocosos de Canarias, España (Atlántico central-oriental). Proyecto “DIADEMAR”

Navarro P.G¹., Barrio J.M¹., Briz O¹., Marrero M.F²., Montenegro T.³., González N¹.

¹Departamento de Gestión Litoral y Desarrollo Sostenible. Instituto Canario de Ciencias Marinas. Ctra. De Taliarte s/n 35200 Telde, Las Palmas. (pabloestinga@yahoo.es)

²Granja Agrícola Experimental. Cabildo de Gran Canaria. Ctra. Gral. Norte km.8,5 35416 Arucas, Las Palmas.

³ Gesplan S.A.U.C/Francisco Gourié 107 3°. 35002 Las Palmas de GC. Las Palmas.

Resumen

Este proyecto pretende, por una parte reducir las densidades del erizo *Diadema aff antillarum* en el medio natural, reestableciendo el equilibrio en el ecosistema marino canario afectado en la actualidad por las altas densidades del mismo; y por otro lado proporcionar beneficios económicos, debido a los diferentes productos de alto valor en mercados nacionales e internacionales que se pueden obtener de este recurso. Los sectores que se podrían beneficiar de este nuevo recurso son:

- i. Pesquero, complemento económico a sus pescas tradicionales y nuevas actividades asociadas a las cofradías de pescadores;
- ii. Hostelero, como nuevo producto de alta cocina;
- iii. Agrícola, como corrector de acidez y fertilizante (carbonato cálcico);
- iv. Ganadero, como complemento dietético y fuente alternativa de proteínas (carbonato cálcico y gónadas);
- v. Industria textil, como tinte para telas y prendas.

El uso del erizo con fines alimenticios es una actividad novedosa en las Islas Canarias, tanto desde el punto de vista social como del económico. Dentro de las actividades del proyecto para implicar al sector pesquero artesanal de Canarias, se trabajó con las cofradías de pescadores de Arguineguín y Agaete durante los años 2009 y 2010, utilizando sus embarcaciones para las tareas de extracción de erizos del medio natural y transporte de los mismos a las instalaciones para su manipulación, principalmente para la obtención de huevas. Tras haber probado varias técnicas de extracción, la técnica más adecuada para esta actividad en Canarias fue el trabajo de buceadores con escafandra autónoma dotados con rastrillos y nasas o sacas. Se formó a 12 personas, en su mayoría mujeres, en las cofradías de pescadores para la manipulación y extracción de huevas del erizo durante este periodo. En julio de 2010 se realizaron unas jornadas gastronómicas en Gran Canaria y Tenerife con el fin de dar a conocer este nuevo producto entre los profesionales de hostelería y el público en general. Los residuos obtenidos de la extracción de las huevas se recogieron y enviaron para su tratamiento a la Granja Agrícola Experimental del Cabildo de Gran Canaria donde se llevan a cabo las experiencias de su potencial uso en agricultura y ganadería.

Palabras clave

Diadema aff. Antillarum, Erizo, Recurso, Valorización, Canarias.

Introducción

Diadema aff. antillarum es una especie de erizo de púas largas que se caracteriza por ser una voraz consumidora de algas (macrofitobentos), base de la cadena trófica de numerosos ecosistemas litorales del archipiélago. La acción ramoneadora de *Diadema aff. antillarum* ha generado, en gran parte de los fondos infralitorales de Canarias, zonas desprovistas de cualquier tipo de cobertura vegetal y animal conocidas como *blanquizales* (con excepción de algas rojas incrustantes). De manera que este erizo de mar restringe o limita las macroalgas bentónicas fotófilas a los primeros metros del medio submareal, donde la alta turbulencia y la gran disponibilidad lumínica permiten a las algas su persistencia. Teniendo en cuenta que la cobertura algal es zona de cría de peces y de cobijo para los alevines de numerosas especies ícticas está claro que la proliferación de blanquizales se ha convertido en un grave problema para la conservación de la biodiversidad marina de canarias.

La sobrepesca se ha señalado tradicionalmente como un factor importante en el espectacular desarrollo de los *blanquizales* (Tegner y Dayton, 1981; Tegner y Levin, 1983; Hay, 1984; McClanahan y Muthiga, 1988; McClanahan y Shafir, 1990; McClanahan, 1992; McClanahan *et al.*, 1994; Sala y Zabala, 1996; Babcock *et al.*, 1999; Shears y Babcock, 2003), pero es importante tener en cuenta que son fenómenos naturales afectados también por

multitud de factores físicos y biológicos.

A esta problemática hay que añadir que los recursos naturales costeros del Archipiélago Canario han sufrido una disminución como consecuencia directa de la presión pesquera durante las últimas décadas. Esta presión se produce no sólo por el aumento de la demanda por parte del turismo y la población, sino también por las limitaciones impuestas al sector en los caladeros del afloramiento Canario-Sahariano, así como por el progresivo cierre de industrias conserveras locales de pescado azul, que han producido una canalización del esfuerzo pesquero sobre los recursos demersales costeros (Bas *et al.*, 1995). Además, la flota artesanal canaria ha venido empleando durante muchos años una serie artes poco selectivas, cuya mala utilización unida a la mala gestión litoral ha provocado la sobreexplotación de los recursos pesqueros litorales, hecho que conlleva una notable reducción en los predadores directos de erizo lima tales como pejeperros (*Bodianus scrofa*) y algunas especies de sama de los géneros *Dentex* y *Pagrus* que han potenciado la proliferación del erizo de lima. Además la extracción de estrellas de mar, que es otro de sus predadores, para su utilización ornamental se ha unido a este problema de desequilibrio ecológico.

Existen, por tanto, dos problemas distintos a los que la realización de este proyecto pretende dar solución, por una parte el problema ambiental que supone la pérdida de biodiversidad y, por otro lado la decadencia del sector pesquero artesanal canario.

El objetivo general de este proyecto fue desarrollar un método de control del erizo *Diadema antillarum* que ayudase a mejorar la calidad de los ecosistemas litorales canarios reduciendo las altas densidades que presenta en la actualidad y que a su vez aportase beneficios económicos y sociales como nuevo recurso marisquero.

Para conseguirlo se plantearon tres líneas de investigación. Cada una de ellas constaba de una serie de acciones específicas detalladas en la figura 1.

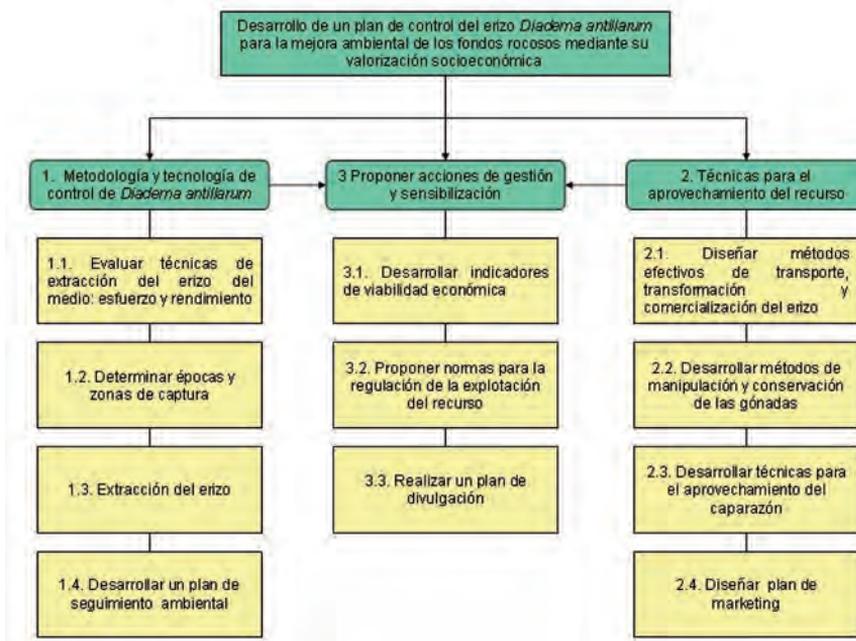


Figura 1.- Fases y acciones del proyecto DIADEMAR.

Metodología

Las labores de extracción se llevaron a cabo en la isla de Gran Canaria, España (Atlántico central-oriental). Concretamente en las zonas cercanas a las cofradías de pescadores de Agaete y Arguineguín. (Fig. 2)

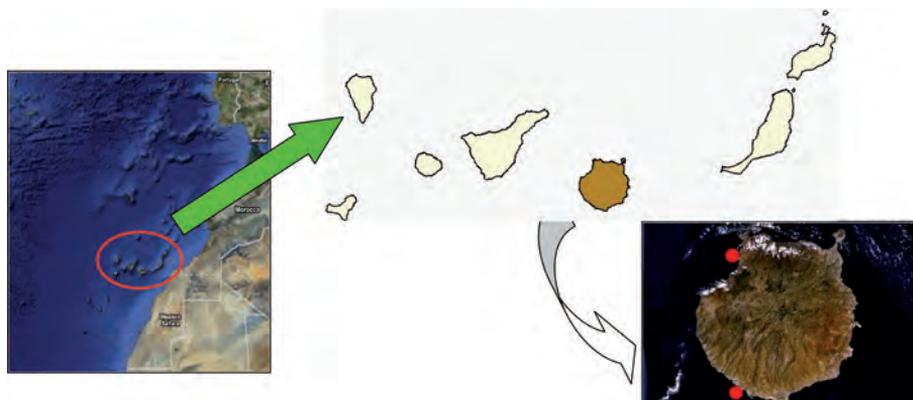


Figura 2.- Archipiélago Canario (izq.) e isla de Gran Canaria (Centro).

Las distintas técnicas para la extracción de los erizos que se probaron fueron: a) Buceo con compresor y argulé; b) extracción con succionador y c) buceo con botella, rastrillo y saca/nasa (Figs. 3 y 4). Todas las salidas se realizaron con las embarcaciones de los pescadores de las Cofradías de Arguinegún y Agaete, socios del proyecto.



Figura 3.- Técnicas de extracción de erizos del medio: saca, rastrillo (izq.); extracción con chupona (dcha.).



Figura 4.- Técnicas de extracción de erizos del medio: (izq.) saca, rastrillo y botella; (medio) nasa modificada utilizada; (dcha.) extracción con chupona y botella.

Se han realizado dos campañas de extracción (2009-2010) para determinar las zonas y épocas más viables para la extracción del erizo.

Para el procesado del erizo, se han utilizado las instalaciones de las Cofradías implicadas. Las técnicas de procesado han sido adaptadas de las utilizadas en Galicia para el erizo *Paracentrotus lividus*.

Para la promoción del recurso se han realizado procesos formativos para el personal encargado de la manipulación y procesado, en su mayoría mujeres de pescadores. Se ha realizado a su vez cursos de formación para los restauradores locales del uso de este nuevo recurso en la cocina.

Para la experiencia piloto de su uso en agricultura y ganadería se ha contado con la experiencia de la Granja Experimental del Cabildo de Gran Canaria, donde se han realizado

los trabajos para su evaluación.

Se realizaron muestreos bimensuales tanto en las zonas de extracción como en otras utilizadas de control, con el objetivo de evaluar la evolución del recurso.

Resultados y discusión

Se pudo comprobar que la técnica más adecuada para la extracción de erizos *Diadema* en Canarias es la del buceo autónomo con botella, rastrillo y saca o nasa. La utilización de compresores para el arguilé y/o chupona limita mucho el espacio en cubierta de los barcos pesqueros y la movilidad bajo el agua. Se ha constatado que para buscar los erizos de tallas más grandes y por tanto con gónadas más rentables, se ha de nadar distancias bastante grandes y siempre en zonas muy someras, con lo que la manguera del arguilé supone una clara limitación para su recolección.

Se constató que las gónadas presentaban su máxima madurez entre los meses de abril y agosto, época idónea para la extracción de hueva.

Durante la campaña del año 2010, que se ha realizado en los meses de junio y julio, se ha hecho una experiencia piloto del esfuerzo pesquero para ver la rentabilidad del mismo. Durante 1 semana, utilizando 4 barcos (dos nodrizas y dos de apoyo) para los recolectores, con 8 buzos trabajando durante 1 hora a 5-10 m de profundidad, se recolectaron 902 kg de erizos de los que se sacaron 70 kg de huevas aproximadamente.

En las zonas de extracción se nota una clara mejoría en la cobertura vegetal del fondo rocoso en zonas someras (0-6 m) y una clara disminución de las densidades de erizos.

Para la extracción de huevas se montaron 2 lineales 6 personas cada uno, trabajando 8 h. Esas 12 personas fueron formadas con cursos de manipulador de alimentos y otros específicos de la actividad. (Fig. 5).



Figura 5.- Trabajo de extracción de huevas en cofradías (izq.) y hueva extraída (dcha.).

Conclusiones

Se están probando distintas aplicaciones de este recurso, algunas de las cuales son:

- vi. Hostelería: producto de alto valor en la restauración. Gónadas para consumo y caparazones como recipientes. (Fig. 6 y 7) Se han realizado jornadas gastronómicas del erizo, en las islas de Gran Canaria y Tenerife, para a dar conocer este recurso al público y paralelamente se realizaron acciones formativas a varios niveles en el sector de la restauración para dar a conocer las propiedades y usos de este recurso en la cocina.
- vii. Agricultura y Ganadería, se están evaluando los subproductos obtenidos como aporte de trazas a suelos de cultivo y como complemento para piensos. Se están realizando pruebas en la granja experimental del Cabildo de Gran Canaria.



Figura 6.- Ejemplos de platos elaborados con hueva de *Diadema aff. antillarum*.



Figura 7.- Ejemplos de platos elaborados con hueva de *Diadema aff. antillarum*.

Se siguen realizando pruebas con la empresa Portomuiños tanto para la mejora de las huevas como para el procesado de los caparazones.

En el aspecto comercial, se está trabajando con empresas del sector y expertos en economía aplicada, para conseguir evaluar la viabilidad en todos los procesos y la valorización de éste nuevo recurso.

Al finalizar el proyecto se propondrá una normativa específica que regule la extracción de este nuevo recurso, con cuotas máximas, épocas de extracción, metodologías etc.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Medioambiente y Medio Rural y Marino de España y cofinanciado por la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias.

Referencias

- Babcock R.C., Kelly S., Shears N.T., Walker J.W., Willis T.J. 1999. Changes in community structure in temperate marine reserves. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 189: 125-134.
- Bas C., Castro J.J., Hernández-García V., Lorenzo J.M., Moreno T., Pajuelo J.G., González-Ramos A.J. 1995. *La Pesca en Canarias y áreas de influencia*. Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas.
- McClanahan T.R. 1992. Resource utilization competition and predation: a model and example from coral reef grazers. *Ecol. Mod.* 61: 195-215.
- McClanahan T.R., Muthiga N.A. 1988. Changes in Kenyan coral reefs. Community structure and function due to exploitation. *Hydrobiologia* 166: 269 – 276.
- McClanahan T.R., Shafir S.H. 1990. Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reefs. *Oecologia* 83: 362 – 370.
- McClanahan T.R., Nugues M., Mwachireya S. 1994. Fish and sea urchin herbivory and competition in Kenyan coral reef lagoons: the role of reef management. *J Exp. Mar. Biol. Ecol.* 184: 237-254.
- Sala E., Zabala M. 1996. Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* population in the NW Mediterranean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 140: 71–81.
- Shears N.T., Babcock RC. 2003. Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 246: 1-16.
- Tegner M.J., Dayton P.K. 1981. Population structure, recruitment and mortality of two sea urchins (*Strongylocentrotus droebachiensis* and *S. purpuratus*) in kelp forest. *Mar Ecol Prog Ser* 5: 255-268.
- Tegner M.J., Levin L.A. 1983. Spiny lobsters and sea urchins: analysis of a predator-prey interaction. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 73: 125-150.



DIADEMAR: Nuevas perspectivas para el sector pesquero artesanal de Canarias

Navarro PG, Barrio JM, Briz O, Tavares DR, Vilches J, Grimón M, Ojeda I, González N
 Instituto Canario de Ciencias Marinas. Departamento de Gestión Litoral y Desarrollo Sostenible
 (pabloestinga@yahoo.es)

DIADEMAR

aprovechar para conservar



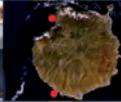


INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

Diadema aff. antillarum es una especie de erizo que se caracteriza por ser una voraz consumidora de algas, lo cual ha generado, en gran parte de los fondos rocosos de Canarias, zonas desprovistas de cobertura vegetal conocidas como blanquiazules. A su vez, la flota artesanal canaria ha empleado durante muchos años artes poco selectivas, que, unidas a la mala gestión litoral, ha provocado la sobreexplotación de los recursos pesqueros litorales. Este hecho conlleva una notable reducción en los depredadores directos de erizo *Diadema* tales como pejeperros (*Bodianus scrofa*) y algunas especies de los géneros *Dentex* y *Pagrus* que han potenciado la proliferación de este erizo. El objetivo general de este proyecto fue desarrollar un método de control del erizo *Diadema aff. antillarum* que ayudase a mejorar la calidad de los ecosistemas litorales canarios reduciendo las altas densidades que presenta en la actualidad y que a su vez aportase beneficios económicos y sociales como nuevo recurso marisquero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las labores de extracción se están llevando a cabo en la isla de Gran Canaria, concretamente en las zonas cercanas a las cofradías de pescadores de Agaete y Arguineguín. Las técnicas que se probaron fueron: a) buceo con compresor y argüé, b) extracción con succionador y c) buceo con botella, rastriño y sacarina. Todas las salidas se realizaron con las embarcaciones de los pescadores de las cofradías de Arguineguín y Agaete. Se han realizado dos campañas de extracción (2009-2010) para determinar las zonas y épocas más viables para el procesamiento del erizo, utilizando las instalaciones de las Cofradías implicadas.





RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se están probando distintas aplicaciones del recurso: i) Hostelería, producto de lujo en alta cocina. Gónadas para consumo y caparazones como recipientes; ii) Agricultura y corrector de acidez de suelos de cultivo; iii) Ganadería, complemento para pienso.

La técnica más adecuada para la extracción de erizos *Diadema* en Canarias fue la del buceo autónomo con botella, rastriño y sacarina.

Las gónadas presentaban su máxima madurez entre los meses de Abril y Agosto, época idónea para la extracción de hueva.

Experiencia piloto del esfuerzo pesquero y rentabilidad del mismo (junio y julio 2010): Durante 1 semana, utilizando 4 barcos (dos nodrizas y dos de apoyo) para los recolectores, con 8 buzos trabajando durante 1 hora a 5-10 metros de profundidad, se recolectaron 902 kilos de erizos, procesados por doce personas/ jornada de 8 horas, de los que se sacaron 70 kilos de huevas aproximadamente. Las Jornadas gastronómicas tuvieron una muy buena aceptación por parte del público, tanto en HECANSA como en los Restaurantes de las Cofradías de pescadores.
















www.diademar.org

Vitamina K en la dieta del camarón argentino *Artemesia longinaris* en cultivo

Sarasa¹ M.V., Fernández Gimenez^{1,2} A.V., Harán¹ N.S., Fenucci^{1,2} J.L.

¹ Departamento Ciencias Marinas, Universidad Nacional de Mar del Plata.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Funes 3350, Mar del Plata, Argentina. fgimenez@mdp.edu.ar.

Resumen

Artemesia longinaris Bate, 1888 es una especie de valor comercial que se distribuye desde los 23°S a 43°S. Las capturas fluctúan, impidiendo un aporte continuo al mercado, por lo que se recomienda su cultivo. Los estudios nutricionales son de gran importancia para el cultivo exitoso. Las vitaminas son nutrientes esenciales para los seres vivos. En *Penaeus monodon* Fabricius, 1798 y *Fenneropenaeus chinensis* (Osbeck, 1765) el incremento en peso se correlaciona con el nivel de vitamina K dietario. Shiau y Liu (1994a) notaron que aumenta la deposición de calcio en juveniles de *P. monodon* a medida que se incrementa la vitamina K en la dieta. Park *et al.* (2001) observaron en *Scylla serrata* (Forskål, 1775), que la fosfatasa alcalina está involucrada en la formación del exoesqueleto y en la absorción de fosfato y calcio desde el agua de mar. La fosfatasa alcalina es una metaloenzima localizada en la membrana celular involucrada en funciones esenciales. El objetivo del trabajo es evaluar crecimiento y supervivencia de *Artemesia longinaris* en cultivo y caracterizar la actividad de la fosfatasa alcalina en hepatopáncreas y hemolinfa, en relación a niveles de vitamina K en la dieta. Camarones adultos obtenidos mediante lances de pesca en Mar del Plata (38°S) se mantuvieron en acuarios de 150 l durante cinco semanas. Se alimentó con dietas con distintos niveles de vitamina K (0; 160; 240 y 320 mg/kg dieta) y dieta completa como tratamiento control. Los tratamientos se realizaron por triplicado, con una densidad de 8 animales/m². Al finalizar el experimento, se extrajo el hepatopáncreas y la hemolinfa (se analizó lisado de hemocitos) a los individuos en intermuda para evaluar la actividad de la fosfatasa alcalina según Pinoni y López Mañanez (2004), utilizando p-nitrofenilfosfato como sustrato. La actividad de la enzima se expresó como Abs/ min /mg proteína. Al final del experimento el incremento en peso y

la supervivencia no evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos. Se determinó que 9,5 es el pH óptimo para la actividad de la enzima. El efecto de distintas concentraciones de sustrato sobre la actividad enzimática en hepatopáncreas, muestra una cinética del tipo Michaelis-Menten, con un máximo 9,5 mM y K_m de 5,32. Se observó que la actividad de la fosfatasa alcalina en hepatopáncreas es similar para el tratamiento control ($0,14 \pm 0,01$) y K240 ($0,17 \pm 0,01$). Mientras que en el lisado de hemocitos la actividad para el tratamiento control es significativamente mayor ($0,017 \pm 0,001$), respecto de los tratamientos con vitamina K (entre 0,011 y 0,014). En la presente investigación se consideró como valor de referencia la actividad de la fosfatasa alcalina del tratamiento control, asumiendo que estos animales se encuentran en condiciones nutricionales óptimas.

Palabras clave

Artemesia longinaris, cultivo, fosfatasa alcalina, nutrición

Introducción

La fosfatasa alcalina (EC 3.1.3.1) es una enzima que hidroliza el enlace éster fosfórico entre un grupo fosfato y un radical orgánico a pH básico, liberando un fosfato inorgánico. En vertebrados niveles anormales de fosfatasa alcalina en el suero indican la existencia de enfermedades óseas degenerativas o bien daños hepáticos (Millán, 2006). Por otra parte, en camarones, se ha especulado que puede estar involucrada en el metabolismo del calcio y fósforo (Shiau & Hwang, 1994). En crustáceos la vitamina K se relaciona con el metabolismo del calcio junto a la vitamina D; por otro lado se ha determinado que niveles variables de vitamina D en la dieta modifica la actividad de la fosfatasa alcalina (Shiau & Hwang, 1994). Hasta el momento no hay estudios que relacionen los niveles de vitamina K dietaria con la actividad de la fosfatasa alcalina. En el presente trabajo se planteó como objetivo evaluar la relación de la vitamina K dietaria con la actividad de la fosfatasa alcalina en hepatopáncreas y hemolinfa (hemocitos), así como el crecimiento y la supervivencia del camarón *Artemesia longinaris*. Esta especie se distribuye en el Atlántico Sudoccidental desde 23°S (Brasil) a 43°S (Argentina), constituye un importante recurso pesquero para la Argentina y es factible su cultivo.

Metodología

Camarones adultos no maduros obtenidos mediante lances de pesca con red de arrastre en la costa de Mar del Plata, Argentina (38°S) se transportaron a la estación costera J.J. Nágera (Universidad Nacional de Mar del Plata), donde se mantuvieron en tanques circulares 2500 l durante siete días alimentados con una dieta sin vitamina K.

Se elaboraron dietas semipurificadas a base de caseína sin vitaminas, proteína de calamar, ácidos grasos con distintos niveles de vitamina K: 0, 160, 240 y 320 mg/kg dieta y una dieta completa (harina de pescado y soja, proteína de calamar, aceite de pescado, fécula de mandioca) como control (Díaz y Fenucci, 2002) empleando el método de extrusión en frío (Fenucci *et al.*, 1980).

Los camarones se distribuyeron al azar en acuarios de 150 l de capacidad (salinidad 34ups; pH 7; fotoperiodo L:O 13:11). Se alimentó a saciedad una vez al día. Se determinó el peso inicial y final de cada individuo con una precisión de 0,01g.

Al finalizar el experimento, se extrajo hemolinfa de la zona ventral entre el 5° par de pereopodos y se disecó el hepatopáncreas de los camarones. Con los hepatopáncreas obtenidos para el mismo tratamiento, se elaboraron homogenatos. A partir de la hemolinfa de individuos tratados con la misma dieta, se separó el plasma y luego se lisaron los hemocitos por centrifugación con solución salina. Tanto para hepatopáncreas como para lisado de hemocitos se evaluó proteína soluble (Bradford, 1976); y se determinó la actividad de fosfatasa alcalina utilizando p-nitrofenilfosfato (*p*-NPP) (Sigma N4645) como sustrato tal como lo describen Pinoni & López Mañanes (2004). Se determinó el pH óptimo evaluando la actividad enzimática a distintos pH: 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5 y 10 y se evaluó el efecto de la concentración del sustrato sobre la actividad enzimática aplicando la misma técnica con distintas concentraciones de *p*-NPP (0; 1; 2,5; 3; 5; 9; 9,5 y 10 mM). Cada ensayo se realizó por triplicado e incluyó un blanco como control interno. La actividad de la fosfatasa alcalina se expresó como Abs/ min /mg proteína.

Se aplicó ANOVA y regresión lineal para evaluar incremento en peso y actividad enzimática y Chi-cuadrado para analizar diferencias estadísticas en la supervivencia. Se trabajó con un nivel de significación de 0,05 (Sokal y Rohlf, 1979). El valor de la constante de Michaelis-Menten (K_m) se calculó utilizando un Lineweaver-Burk plot del programa GraphPad prism (Pinoni & López Mañanes, 2004).

Resultados

Luego de 35 días de experimentación no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos para incremento en peso y supervivencia (Tabla I).

Tabla I. Peso medio, incremento en peso, porcentaje de supervivencia para ejemplares de *Artemesia longinaris* alimentados con dietas con distintos niveles de vitamina K.

Tratamiento	Peso medio		Incremento peso (g)	Supervivencia (%)
	inicial(g±S)	final (g±S)		
Control	2,52 ± 0,33 ^a	2,90±0,43 ^a	0,38	60 ^a
K0	2,58 ± 0,47 ^a	2,63±0,48 ^a	0,05	70 ^a
K160	2,57 ± 0,40 ^a	2,47±0,32 ^a	- 0,10	66,7 ^a
K240	2,55 ± 0,43 ^a	2,70± 0,38 ^a	0,15	66,7 ^a
K320	2,59 ± 0,43 ^a	2,80± 0,31 ^a	0,22	47 ^a

g±S: peso medio y desvío estándar / Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (P<0,05).

El efecto de distintas concentraciones de *p*-NPP sobre la actividad de la fosfatasa alcalina, mostró una cinética del tipo Michaelis-Menten (Fig. 1). El pH óptimo fue de 9,5.

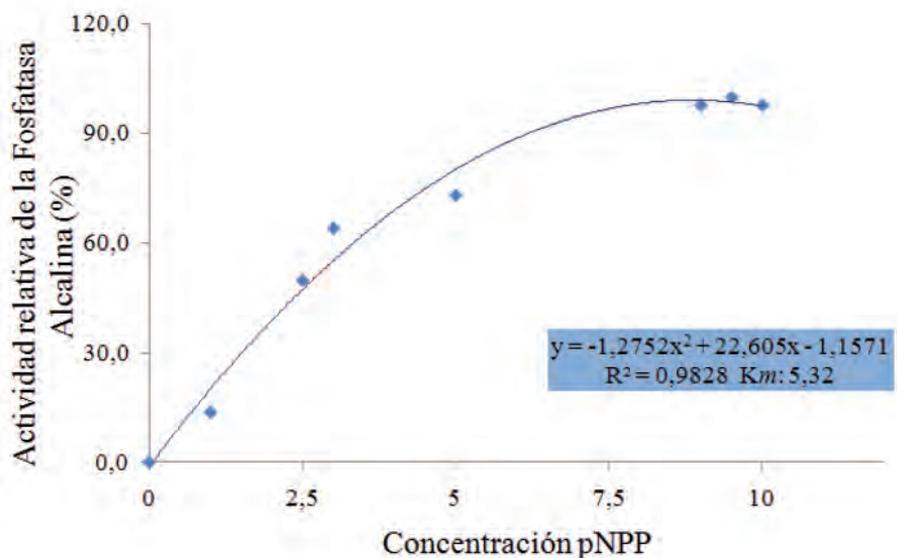


Figura 1.- Evaluación de la concentración de sustrato (*p*-NPP) sobre la actividad de la fosfatasa alcalina en hepatopáncreas de *Artemesia longinaris*.

En la tabla II, se presentan los valores de proteína soluble y actividad enzimática obtenido de los camarones sometidos a distintos tratamientos.

Tabla II.- Proteína soluble (mg/ml) y actividad de fosfatasa alcalina (Abs/min/mg proteína) en lisado de hemocitos (HLS) y hepatopáncreas de *Artemesia longinaris* alimentados con distintas dietas.

	HLS		Hepatopáncreas	
	Proteína soluble	Fosfatasa alcalina	Proteína soluble	Fosfatasa alcalina
Control	0,004±0,0025 ^a	0,017 ± 0,001 ^a	4,99±0,08 ^a	0,14 ± 0,01 ^a
K0	0,02±0,006 ^a	0,014 ± 0,002 ^b	1,47±0,23 ^b	0,04 ± 0,00 ^b
K160	0,02±0,042 ^a	0,013 ± 0,001 ^b	0,59±0,01 ^b	0,27 ± 0,00 ^c
K240	0,03±0,024 ^a	0,014 ± 0,003 ^b	0,46±0,08 ^b	0,17 ± 0,01 ^d
K320	0,06±0,025 ^a	0,011 ± 0,002 ^b	1,23±0,30 ^b	0,32 ± 0,02 ^e

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

Discusión

Nagata *et al.* (1989) propusieron que el transporte de calcio y fósforo en los vertebrados estaría mediado por vitaminas D y K. Sin embargo, en los crustáceos son escasos los trabajos que relacionan el metabolismo de estos minerales con la actividad de la fosfatasa alcalina y niveles de vitaminas dietarias. Shiau & Liu (1994a,b) evidenciaron que la deposición de calcio en el juvenil *Penaeus monodon* aumenta con el incremento de vitamina K en la dieta. La fosfatasa alcalina es una metaloenzima localizada en la membrana celular de varios órganos y tejidos, involucrada en funciones esenciales en vertebrados. En crustáceos, estaría involucrada en procesos fisiológicos tales como: crecimiento y diferenciación celular, movilización de fuentes energéticas y osmoionorregulación (Mazorra *et al.*, 2002; Pinoni & López Mañanes, 2004). Mazorra *et al.* (2002) sugirieron que la actividad de la fosfatasa alcalina en la almeja *Scrobicularia plana* (da Costa, 1778) es un indicador bioquímico de estrés en presencia de metales pesados. También se observó, que en *Drosophila virilis* Sturtevant, 1916, la actividad de la enzima decrece en situaciones de estrés por calor (Sukhanova *et al.*, 1996); Esto indicaría que condiciones adversas alteran la actividad de la fosfatasa alcalina. En la presente investigación se consideró como valor de referencia la actividad enzimática para el tratamiento control, asumiendo que estos animales se encontraban en condiciones nutricionales óptimas. Valores de actividad muy superiores o muy inferiores al de referencia estarían indicando estrés nutricional. En hepatopáncreas, la actividad de fosfatasa para el tratamiento 240 mg vitamina K/kg fué más cercanos al control, esto podría estar indicando que los animales alimentados con dieta suplementada con niveles inferiores o superiores a 240 mg vitamina K/kg dieta se encontrarían en condiciones de estrés nutricional. El pH óptimo para la fosfatasa

alcalina en el hepatopáncreas de *A. longinaris* fue de 9,5, valor incluido en el rango de 7,1 a 10,5 descrito para invertebrados (Mazorra *et al.*, 2002). Probablemente, debido a que en el presente trabajo se usó una mezcla de isoformas, se obtuvo un valor de constante de Michaelis-Menten (K_m) de 5,32, superior a los descritos por Mazorra *et al.*, (2002) en glándula digestiva de la almeja *Scrobicularia plana* o la obtenida en diversos tejidos de decápodos (Pinoni & Lopez Mañanes, 2004; Pinoni *et al.*, 2005; Lovett *et al.*, 1994; Chen *et al.*, 2000).

Conclusiones

Si bien distintos niveles de inclusión de vitamina K en la dieta de *A. longinaris* no afectaron el incremento en peso y la supervivencia; el análisis bioquímico podría indicar que una dosis de 240 mg de vitamina K/kg dieta, mejora las condiciones sanitarias de los organismos en cultivo.

Agradecimientos

Proyecto PIP CONICET N° 11220080102585, Título: “Desarrollo de tecnología para cultivo de crustáceos

Referencias

- Bradford M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein-dye binding. *Anal. Biochem.* 72, 248–254.
- Chen Q.X., Zheng W.Z., Lin J.Y., Cai Z.T., Zhou H.M. 2000. Kinetic of inhibition of green crab (*Scylla serrata*) alkaline phosphatase by vanadate. *Biochemistry (Moscow)* 65 (9), 1105–1110.
- Díaz A.C., Fenucci J.L. 2002. Comparative evaluation of different animal protein source in juveniles of *Pleoticus muelleri* (Crustacea, Penaeoidea). En: *Modern Approaches to the study of crustacean*. Escobar-Briones E, F Alvarez (eds).75-78. Kluwer Academic Plenum Publishers, New York.
- Fenucci J.L., Zein-Eldin Z., Lawrence A.L. 1980. The nutritional response of two penaeid species to various levels of squid meal in prepared fed. *Proceeding World Mariculture Society* 11: 403–409.
- Lovett D., Towle D., Faris J. 1994. Salinity-sensitive alkaline phosphatase activity in gills of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. *Comp. Biochem. Physiol.* 109B (1), 163– 173.
- Mazorra M.T., Rubio J.A., Blasco J. 2002. Acid and alkaline phosphatase activities in the

- clam *Scrobicularia plana*: kinetic characteristics and effects of heavy metals. *Comp. Biochem. Physiol.*, B 131, 241– 249.
- Millán J.L. 2006. Alkaline Phosphatases. Structure, substrate specificity and functional relatedness to other members of a large superfamily of enzymes. *Purinergic Signalling* 2: 335-341.
- Nagata A., Komoda T., Sakagishi Y. 1989. Relationship between the Uptake of Calcium or Phosphorus and Alkaline Phosphatase Activity Induced by Certain Modulators in Rat Organs. *Calcif Tissue Int* (1989) 45:173-181.
- Park Y.D., Yang Y., Chen Q.X., Lin H.N., Liu Q., Zhou H.M. 2001. Kinetics of complexing activation by the magnesium ions on the activity of green crab (*Scylla serrata*) alkaline phosphatase. *Biochem. Cell. Biol.* 79, 765– 772.
- Pinoni S.A, López Mañanes A.A. 2004. Alkaline phosphatase activity sensitive to environmental salinity and dopamine in muscle of the euryhaline crab *Cyrtograpsus angulatus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 307: 35– 46.
- Pinoni S.A., Goldemberg A.L, López Mañanes A.A. 2005. Alkaline phosphatase activities in muscle of the euryhaline crab *Chasmagnathus granulatus*: Response to environmental salinity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 326: 217- 223.
- Shiau S.Y., Hwang J.Y. 1994. The dietary requirement of juvenile grass shrimp (*Penaeus monodon*) for vitamin D. *Journal of Nutrition* 124: 2445-2450.
- Shiau S.Y., Liu J.S. 1994a. Estimation of the dietary vitamin K requirement of juvenile *Penaeus chinensis* using menadiona. *Aquaculture*, 126: 129-135.
- Shiau S.Y., Liu J.S. 1994b. Quantifying the vitamin K requirement of juvenile marine shrimp (*Penaeus monodon*) with menadione. *Journal of nutrition*, 124:277-282.
- Sokal, R, Rohlf, J. 1979. *Biometry*. W, H. Freeman, Co.: San Francisco, California. 779 pp.
- Sukhanova M.Z. Grenback L.G. Gruntenko N.E. Khlebodarova T.M., Rauschenbach I. Y. 1996. Alkaline phosphatase in *Drosophila virilis* under heat stress. *J. Insect Physiol.* 42 (2), 161– 165.



Universidad Nacional de Mar del Plata
 Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias Marinas
 Funes 3350 - B7602AYL Mar del Plata Argentina. www.mdp.edu.ar

VITAMINA K EN LA DIETA DEL CAMARÓN ARGENTINO *Artemesia longinaris* EN CULTIVO

Sarasa, M.V.¹; Fernández Gimenez, A.V.^{1,2}; Harán, N.S.¹ y Fenucci J.L.^{1,2}

¹ Universidad Nacional de Mar del Plata. E-mail: msarasa@mdp.edu.ar ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

Artemesia longinaris es un camarón peneído de valor comercial que se distribuye en aguas costeras del océano Atlántico desde los 23°S (Brasil) hasta los 43°S (Argentina). Las capturas fluctúan anual y estacionalmente impidiendo un aporte continuo al mercado, lo que hace recomendable su cultivo. Los estudios nutricionales son de gran importancia para el desarrollo de esta actividad y debido a que las vitaminas son nutrientes esenciales y de alto costo, se hace necesario conocer los requerimientos de ellas. La vitamina liposoluble K, está asociada a la fijación del calcio y fósforo en vertebrados. En *Peneus monodon* y *Fenneropenaeus chinensis*, el incremento en peso se correlaciona con el nivel de vitamina K dietario. A su vez, Shiao y Liu (1994) notaron que aumenta la deposición de calcio en juveniles de *P. monodon* a medida que se incrementa la vitamina K en la dieta. La fosfatasa alcalina es una metaloenzima localizada en la membrana celular involucrada en funciones esenciales; Park et al. (2001) observaron en *Scylla serrata*, que participa en la formación del exoesqueleto y en la absorción de fosfato y calcio desde el agua de mar.



OBJETIVOS

- ✓ Evaluar la eficiencia de la vitamina K sobre el crecimiento y la supervivencia de *Artemesia longinaris* en condiciones de cultivo
- ✓ Caracterizar la actividad de la fosfatasa alcalina en el hepatopáncreas y la hemolinfa de este peneído, en relación a diferentes niveles de vitamina K en la dieta.



(Harán et al., 1999a; Sarasa et al., 2003; Mar del Plata, ARGENTINA (38°42' 17" S - 57°33' 42" W))

MATERIALES Y METODOS

- *Jemplines salvajes de la costa marplatense (38°S) se mantuvieron en acuarios de 150 L durante cinco semanas en la Estación costera Nágera (Universidad Nacional de Mar del Plata, ARGENTINA). Densidad: 8 animales/m².
- *Tratamientos: 5 dietas semipurificadas con vitamina K (0, 156; 240 y 320 mg/kg dieta) y una dieta control, por triplicado. Se calculó peso medio inicial, final, incremento en peso y supervivencia.
- *Análisis químicos: Se extrajeron los hepatopáncreas y hemolinfa de individuos en intermedia. Actividad fosfatasa alcalina: protocolo de Pinotti y López Mañanes (2004) con p-nitrofenilfosfato como sustrato. Se expresó como Abs/min/mg proteína.
- *Análisis estadístico: ANOVA y regresión lineal para evaluar incrementos en peso y Chi-cuadrado para supervivencia. La actividad enzimática se analizó con ANOVA y análisis de regresión (p< 0,05). El valor de la constante de Michaelis-Menten (Km) se calculó utilizando un Lineweaver-Burk plot del programa GraphPad prism (Pinotti y López Mañanes, 2004).

En la presente investigación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el incremento en peso y la supervivencia entre tratamientos (tabla 1).

El efecto de distintas concentraciones de sustrato sobre la actividad enzimática de la fosfatasa alcalina en el hepatopáncreas y lisado de hemocitos de *Artemesia longinaris*, mostró una cinética del tipo Michaelis-Menten, con un máximo 9,5 mM y K_m de 5, 32

La actividad de la fosfatasa alcalina en los invertebrados presenta un rango de pH óptimo entre 7,1 y 10,5 (Lovett et al., 1994; Funk, 2003; Mazorra et al., 2002). Coincidentemente, en este trabajo el pH óptimo fue de 9,5.

RESULTADOS Y DISCUSION

Tanto en hepatopáncreas como en el lisado de hemocitos se consideró como valor de referencia la actividad enzimática del tratamiento control, asumiéndose que estos animales se encontraban en condiciones nutricionalmente óptimas. Valores de actividad muy superiores o inferiores al control, indicarían estrés nutricional.

La actividad de la fosfatasa alcalina en hepatopáncreas fue similar para los tratamientos control (0,1450,01) y K240 (0,17±0,01), mientras que en el lisado de hemocitos la actividad fue superior para el control (0,017±0,001) comparado con los demás (entre 0,011 y 0,014).

El análisis bioquímico del hepatopáncreas evidenció que una dosis de 240 mg de vitamina K por Kg de dieta, mejora las condiciones sanitarias de los organismos en cultivo.

Tabla 1.- Peso medio, incremento en peso y supervivencia de *Artemesia longinaris*

Tratamiento	Peso medio		Incremento peso (g)	Supervivencia (%)
	inicial (g ± SD)	final (g ± SD)		
Control	2,52 ± 0,33 ^a	2,90±0,41 ^a	0,38	60 ^a
K0	2,58 ± 0,47 ^a	2,93±0,48 ^a	0,35	70 ^a
K156	2,37 ± 0,40 ^a	2,87±0,32 ^a	-0,10	86,3 ^a
K240	2,55 ± 0,43 ^a	2,70±0,38 ^a	0,15	86,3 ^a
K320	2,39 ± 0,43 ^a	2,80± 0,31 ^a	0,22	47 ^a

SD: para media; desvío estándar / ^a Diferencias entre en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (P<0,05).

Tabla 2.- Actividad de la fosfatasa alcalina en lisado de hemocitos y hepatopáncreas de *Artemesia longinaris*

Tratamiento	Actividad Fosfatasa alcalina (Abs/min/mg prot.)	
	Lisado de hemocitos	Hepatopáncreas
Control	0,017 ± 0,001 ^a	0,14 ± 0,02 ^a
K0	0,014 ± 0,001 ^a	0,08 ± 0,001 ^a
K156	0,011 ± 0,001 ^a	0,27 ± 0,00 ^a
K240	0,014 ± 0,002 ^a	0,17 ± 0,01 ^a
K320	0,017 ± 0,001 ^a	0,32 ± 0,02 ^a

Diferencias entre en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas (P<0,05).



M.V. SARASA, María Victoria
msarasa@mdp.edu.ar



Dr. A.V. FERNÁNDEZ GIMÉNEZ, Ana Victoria
fernandez@mdp.edu.ar



Dr. N.S. HARÁN, Néstor Santiago
nsharan@mdp.edu.ar



Dr. J.L. FENUCCI, Jorge Luis
jfenucci@mdp.edu.ar

Indice de Autores	pág.
Aguiar L.	243
Álvarez-Ruiz P.	243
Andrade Nascimento I.	47
Andrade Pereira S.	47
Andrés C.	451
Aristizabal E.O.	437
Arocha F.	359
Avilés-Quevedo M.A.	187
Barrio J. M.	351, 465, 483
Barrios J.	341
Benítez A.	359
Benítez García J.L.	243, 267
Bernatene F.	443
Bertolotti M.	371, 429, 443
Bervera H.	199
Bianca F.	443
Boccanfuso J.J.	443
Bringas-Alvarado L.	399
Brito L.	341
Briz O.	465, 483
Buono J.	443
Caamal-Monsreal C.	233
Cabanillas-Ramos J.	243
Calvario-Martínez O.	243
Campa- Córdova A.I.	335
Cárdenas S.	25
Cárdenas-López J.L.	399
Carpio M.	359
Casillas-Hernández R.	243
Castañeda J.	359
Castelló-Orvay F.	187
Catoira J.L.	465
Chan V.T.	137
Chávez-Sánchez C.	243
D'Armas H.	341

Diarte Plata G.	389, 423
Domínguez Orozco A. L.	389, 395, 423
Durán-Avelar M.J.	243
Errazti E.	371, 429, 443
Escobedo-Bonilla C.M.	243, 295
Escobedo-Urias D.	243
Esparza-Leal H.	243
Fajardo R.	359
Fenucci J.L.	381, 395, 483
Fernández Gimenez A.V.	381, 395, 483
Fernández J.	67, 457
Fernández-Tajes, J.	409
Fierro-Coronado J. A.	335
Flores-Miranda M.C.	335
Florez-Barros, F.	409
García Ulloa-Gómez M.	395
García-Camarena R.	177
Góngora Gómez A.M.	389, 395, 423
González S.	457
González-Félix M.L.	399, 417
González-Henríquez N.	109, 351, 465, 473
Graziani C.	359
Grimón Domínguez M.	109, 465
Gualdoni P.	371, 429
Guerra A.	451, 457
Guerrieri Y.	47
Harán N.S.	381, 395, 483
Hernández López J.	277
Hernández Sepúlveda J.A.	389, 395, 423
Hernández-Llamas A.	243
Hernández-López J.	243
Ibarra C.	243
Jiménez-Yan L.	233
La Barbera A.	359
Lastres M.A.	451
Leal Sepúlveda A.L.	389
Lodeiros C.	359

López A.	437
Luna-González A.	335
Magallón Barajas F.	243, 277
Marcet P.	457
Márquez A.	359
Marrero M.F.	483
Martínez P.	443
Mazón-Suástegui J.M.	187
Mejía Ruiz C.H.	243, 295
Mena R.	233
Méndez-Lozano J.	243, 409
Mendoza J.	359
Monteforte M.	199
Montenegro T.	483
Montoya-Rodríguez L.	243
Moreno A.	359
Moreno Alva M.	307
Moreno C.	75
Moreno M.	351
Navarro P.G.	351, 465, 483
Navarro-García G.	399
Neyra M.	341
Noguera P.	359
Nunes dos Santos J.	47
Núñez M.	359
Otero M.	457
Pagani A.	371, 429, 443
Pereira N.A.	381
Perez-Enriquez R.	243, 277
Perez-Velazquez M.	399, 417
Pérez-Velázquez P.A.	221
Porchas-Cornejo M.A.	243
Portillo-Clark G.	243, 267
Puga L.D.	143
Quintero N.	243
Radonic M.	437
Rey-Méndez M.	85, 465

Rivas K.	359
Romero B.E.	143
Romero R.	67
Rosales-Leija M.	417
Rosas C.	233
Ruiz A.	67
Salazar N.I.	143
Santa Isabel Marques S.	47
Santamaría I.	451
Santana I.	465
Sarasa M.V.	381, 395, 483
Scolamacchia M.	351
Segnini M.I.	341
Spinedi M.	443
Suárez J.	437
Tavares D.R.	351, 465
Teles Domingues Cabanelas I.	47
Tomas F.	359
Topete D.G.	267
Torres H.M.R.	143
Tovar-Ávila J.	221
Valdenebro O.	209
Vásquez E.	359
Vázquez F.	443
Vázquez-Boucard C.	243
Vega A.	437
Vibanco-Pérez N.	243
Vilches J.	465
Villalba L.A.	155
Villanueva Fonseca B.P.	423
Villarroel E.	359
Vital Vich D.	47
Zamorano-Ochoa A.	399
Zarain-Herzberg M.	177