

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA

Calidad, Pertinencia y Calidez

VII

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

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



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

FIRMA 2014

X FORO DE LOS RECURSOS MARINOS Y DE LA ACUICULTURA DE LAS RIAS GALLEGAS y I FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y DE LA ACUICULTURA

10 y 11 de octubre 2007
Hotel Hospita Isla de La Toja



www.usc.es/foroacui O Grove
Patrocinadores: SKRETTING, XUNTA DE GALICIA, CONSELLERÍA DE PESCA, CANTON DE SAN PEDRO, "La Caixa", etc.

IV FÓRUM IBERO-AMERICANO DOS RECURSOS MARINHOS E DA ACUICULTURA
IV FIRMA PORTUGAL 2011
27_29/10/2011 VIANA DO CASTELO
SELAN BENVENIDOS A PORTUGAL EN 2011 BENVENIDOS A PORTUGAL EN 2011

II Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura
tendrá del 05 al 06 de noviembre de 2008
FIRMA 2008

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
El año de always celebra con el pueblo

V FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA
Cádiz, España, 16-29 de noviembre de 2012
FIRMA

Un mar de recursos puente entre las dos orillas

CÁDIZ 2012

www.juntasdeandaluza.es/organizacion/firmafirma2012

III Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura
Smoora (México), del 30 al 32 de noviembre 2010
III FIRMA

www.firma2010.com

VI Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura
Valparaíso, Chile
25-28 de noviembre 2013
FIRMA

www.cienciasdelmar.cl/firma2013

Organiza: Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales
Lugar de encuentro: Auditorio Facultad de Arquitectura



Grupo de Investigación sobre Biología de Moluscos
Universidad de Oriente

PROMETEO
Investigación Formación Desarrollo

Secretaría de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



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

Esta obra se deberá citar como sigue:

Todo el libro:

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

Trabajo:

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

Nota de los editores:

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

Composición gráfica y arte final

Marycruz García González mgarcia@udo.edu.ve

Depósito legal Lfi589200156301933

ISBN: 978-980-234-2723



**Agradecimientos
presentación y
programa**



VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



Agradecimientos

Los objetivos del Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura (FIRMA) siempre han constituido un reto para la organización en cualquier país donde se ha desarrollado, pero siempre un puñado de voluntades ha generado junto con los participantes una ola académica llena de hermandad que ha conllevado al éxito, el **VII FIRMA Ecuador 2014**, independientemente de cualquier obstáculo, no ha sido la excepción, confirmando que es uno de los eventos más importantes en la Evaluación de los Recursos Marinos y la Acuicultura, y al menos único en su forma y objetivos.

En esta oportunidad, gran parte del éxito del foro ha sido posible gracias al aporte de excelentes especialistas, colegas y amigos del FIRMA, como Mario Aguirre (Panamá) y Sergio Nates (USA), Laura Lloreda, Luis Pellanda (Argentina), Pierre Freon (Francia), Manuel Rey Méndez y Nieves González (España), Paul Baltazar, Luis Alfredo Icochea, Jules Arevalo (Perú), Aurela Sabaraida y Manuela Vaz Velho (Portugal), Alfonso Vazques-Botello (México), Jorge Hernández López (México), George Argota (Cuba), y profesionales y especialistas de Ecuador, y en Ecuador: Georgina Gluyas-México (Prometeo vinculada a la ULEAM), Julio López-España y Luis Troccoli (Prometeos vinculado al INP), Alejandro Guerra-España (Prometeo vinculado a la UPSE), Germán Poleo-Venezuela (Prometeo vinculado a la UTM), Fernando Mestre-Argentina, Tomas Fontaines junto con Jeremy Mendoza, William Senior y Mairin Lemus de Venezuela (Prometeos vinculados a UTMACH), Ana María Santana de la ULEAM, Patricio Quizhpe de la UTMACH, Pablo Lombeida y Roberto Jiménez de la SA-MAGAP, Ana Verónica García Condo consultora, Jhonny Chavarria de la UPSE, José Luis García y Carmen Cabanilla del INP y Jenny Rodríguez, Wilfredo Arguello y Jorge Sonnenholzner del CENAIME-ESPOL, además de Boris Bohorquez de la Fundación CALISUR, quienes le dieron el toque especial al FIRMA, que junto con más de 100 posters presentados y la participación de estudiantes, profesionales y especialistas de Ecuador y varios países iberoamericanos, al final el FIRMA se convirtió en todo un éxito, nadie lo duda... Ya finalizando el FIRMA representantes del Proyecto

Prometeo (Néstor Polo, Gina Ulloa y Carlos Olmedo, entre otros), nos recordaron y difundieron el importante proyecto de Prometeo para Ecuador en función de avanzar en el desarrollo con ciencia e investigación, coadyuvando a las universidades e institutos de investigación en este Gran Reto, y Lessi Catacora, presidenta del VIII FIRMA, nos dejó un impresión organizacional elevada y sin duda un gran sabor para participar en el VIII FIRMA Perú 2015, a celebrarse del 22 al 27 de noviembre de 2015, en la hermosa ciudad de Tacna, Perú, fronteriza con Chile; su lema es, hoy en día, fundamental para la humanidad “Valorizando los recursos del mar, aseguramos el alimento de la humanidad”.

Hemos recibido muchas felicitaciones, particularmente de Instituciones del Ecuador (SENESCYT, MAGAP, MAE, UPSE, CENAIM-ESPOL, etc.) También espero que las vicisitudes se conviertan en reflexiones que dirijan hacia la toma de decisiones en la utilización de la academia y los nuevos conocimientos involucrados en la fórmula del progreso, para que los nuevos escenarios estén llenos de jóvenes estudiantes, en función que ellos, y sus profesores puedan ver más allá que un salón de clases, estoy seguro que así será.

No quiero dejar de expresar en nombre de la organización del FIRMA el agradecimiento a la Jefa de Relaciones Públicas de la UTMACH Esperanza Poma y Asdrúbal Alvarado y Ángel Armejós y el comité de protocolo, y personal técnico, particularmente al Sr. Jorge Pérez de Audiovisuales y Juan José Guerra. Un particular agradecimiento a Fabián Maza, Director de Planificación de la UTMACH, quienes siempre estuvieron atentos a nuestras solicitudes, gestionando colaboración. Así como el personal en general, y autoridades que colaboraron para que este **VII FIRMA** se desarrollara.

También especial agradecimiento a Felipe Collaguazo y Johnny Tobar y a los chicos y chicas del comité de apoyo logístico estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas de la UTMACH y a la Casa de la Cultura de la ciudad de Machala, y la Prefectura de la Provincia de El Oro, por su apoyo incondicional.

Un reconocimiento especial a Boris Bohorquez presidente de CALISUR por su aporte tanto académico y financiero y a Eliecer Cruz, subsecretario de Gestión Marina y Costera del Ministerio de Ambiente, quien no pudo participar en la mesa de diversificación de la acuicultura por asuntos ajenos a su voluntad, pero si colaboró para el desarrollo del FIRMA, como a Priscila Duarte, Subsecretaria



de Acuicultura del MAGAP por su colaboración, al igual que directivos de la SENESCYT de la región del Oro, Guayas y Santa Elena y sin duda al proyecto Prometeo, que fue un impulso importante para el desarrollo del evento.

Agradecimientos también a la Asociación Cultural de los Foros de los Recursos Marinos y la Acuicultura, madre del FIRMA, en especial a su presidente Manuel Rey-Méndez por su siempre disposición en sacar adelante el FIRMA y a Nieves González por toda la colaboración y ayuda para el desarrollo del FIRMA, quien además con los invisibles: Rosa (esposa de Manolo), María José (esposa de Alejandro) y Jenny (esposa de William), le dieron un toque especial a esa reunión en la noche internacional, dándole sabor de España y Venezuela para Ecuador e Iberoamérica... y por supuesto, a todos los que colaboraron en dicha velada, convirtiéndola en una noche excepcional.

Nuestro agradecimiento a la prensa regional de la Provincia del Oro, Ecuador y en especial a la internacional, revistas del área como Acuahoy, IRA, Divulgación Acuícola, IPAC Acuicultura e importantes sitios web como “mis peces.com” como siempre estuvieron apoyándonos.

La verdad es que William hizo un trabajo titánico y de resistencia, he quedado asombrado por las mil y una gestiones, las mil y una cartas de invitación y mil y una instituciones a las cuales se comunicó, por escrito física y electrónicamente, teléfono, presencial, etc., etc., etc., el llamado fue grande y universal, la gerencia trascendental, característica de William, y su trabajo incansable de día a día, y merece un reconocimiento especial...**William muchas gracias por Ecuador, por Iberoamérica y por el FIRMA.**

Todo esto no hubiese sido posible por la gestión de las vicepresidentas del FIRMA, como yo las he llamado: Mairin Lemus, Haydelba D'Armas, Lenys Fernández y María Elena Amaro, quien no siendo del comité, prestó una ayuda imprescindible, para el éxito del **VII FIRMA**, dada su vocación de servicio en pro de la ciencia y la investigación... **Gracias Mairin, Haydelba, Lenys y María Elena...también a Cheo, por Ecuador, por Iberoamérica y por el FIRMA.**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento al Proyecto Prometeo de la SENESCYT, Ecuador, por el apoyo brindado y permitirnos la plataforma, de estar trabajando para el desarrollo de las ciencias marinas y la acuicultura de

Ecuador y permitirnos brindar el escenario del FIRMA como un objetivo Prometeo.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento al Vicerrector de la Universidad de Oriente, Jesús Martínez y todas las autoridades de la UDO, que siempre han apoyado el desarrollo del FIRMA, y en especial a Marycruz García del Consejo de Investigación Central-UDO por su profesionalismo y regalarnos su tiempo extra de noches y días feriados en atención a la elaboración de esta memoria.

Gracias a todos, por Ecuador, por Iberoamérica y por el FIRMA!!!!

Espero verlos en Tacna en el VIII FIRMA Perú 2015.



César Lodeiros
Coordinador General FIRMA



Presentación

El FIRMA nació en el 2007 como una necesidad de realizar diagnósticos de los recursos marinos y la acuicultura en Iberoamérica, de la mano del "X Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas" realizado en O Grove, Galicia, España. Luego de ello el FIRMA ha tenido seis ediciones más, en el 2008 se celebró el II FIRMA en Venezuela en la ciudad de Cumaná, siendo uno de los principales actos de la celebración de los 50 años de la Universidad de Oriente y consolidándose como uno de los eventos más importantes de debate sobre las ciencias marinas y la acuicultura; el III FIRMA se celebró en el 2010 en la ciudad de Hermosillo (México), el IV en Viana do Castelo (Portugal) en 2011; en 2012 el V FIRMA en Cádiz, (España); en el 2013 el VI FIRMA Chile 2013 en Valparaíso (Chile) y, del 18 al 21 de noviembre de 2014, se celebró el VII Firma Ecuador, en la Universidad Técnica de Machala.

El FIRMA es un evento que siempre cuenta con la participación de varios países latinoamericanos y otros con interés del desarrollo de Iberoamérica; para esta séptima edición contamos con la presencia de especialistas de Colombia, Cuba, Argentina, Uruguay, Panamá, Costa Rica, Perú, España, Francia, Portugal, USA, México, Venezuela, Chile, Brasil y por supuesto Ecuador.

Pensamos que, sin duda alguna, el **VII FIRMA Ecuador 2014** es una buena muestra de la ventana internacional de la gestión de los recursos marinos y la acuicultura iberoamericana, particularmente de Ecuador y un esfuerzo de reunión de voluntades de todos, realizando a la Universidad Técnica de Machala y las diferentes instituciones de Gobierno de Ecuador, principalmente la SENESCYT a través del proyecto PROMETEO, en el cual muchos de nosotros nos encontramos vinculados en función de hacer desarrollo con ciencia e investigación para Ecuador. Especial atención tiene la Universidad de Oriente de Venezuela, a la cual muchos del FIRMA nos debemos, y sin duda alguna por ser fundadora del FIRMA y promotora de todas sus ediciones.

La información suministrada recoge trabajos científicos, experiencias y perspectivas de los recursos marinos y la acuicultura iberoamericana, pero no es



solo una compilación de 73 manuscritos gestados de los trabajos presentados y conferencias en 764 páginas, sino que presenta un importante antecedente académico y científico de gran utilidad para el Ecuador e Iberoamérica. Por todo ello, el comité organizador, a pesar de las vicisitudes y dificultades que la organización de un evento de estas características conlleva, se siente orgulloso de haber culminado con éxito el evento y presentarles éste, el *pasaporte digital del FIRMA VII Ecuador 2014*.

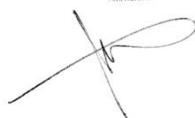
VII FIRMA ECUADOR - 2014



William Senior
Presidente **VII FIRMA Ecuador 2014**



Firma
Federación Iberoamericana de Recursos Matemáticos y Estadísticos



César Lodeiros,
Coordinador general FIRMA's



Comité organizador VII FIRMA Ecuador 2014

William Senior, IOV-UDO, Prometeo UTMACH

Presidente

César Lodeiros, IOV-UDO, Prometeo CENAIM-ESPOL

Coordinador general FIRMAs

Comité ejecutivo

Mairin Lemus, UDONS, Prometeo UTMACH

Ahydelba D'Armas, UDONS, Prometeo UTMACH

Lenys Fernández, USB, Prometeo UTMACH

Jeremy Mendoza, UDONS, Prometeo UTMACH

Alejandro Guerra, XG, Prometeo UPSE

Nieves González, ULGC

Luis Troccoli, UDONE, Prometeo INP

Felipe Collaguazo, UTMACH

Johnny Tobar, UTMACH

Comité científico

Mairin Lemus, UDONS, Prometeo UTMACH

María José Sánchez Muros, UAL, Prometeo UTMACH

Luisa Rojas, UDONS, Prometeo UTMACH

José Luis Varela, Prometeo ULEAM

German Poleo, UCLA, Prometeo UTN

Manuel Rey-Méndez, USC

Nieves González, ULGC

Julia Nieto, ESPOL

Stanislaus Sonnenholner, CENAIM-ESPOL

William Senior, IOV-UDO, Prometeo UTMACH

César Lodeiros, IOV-UDO, Prometeo CENAIM-ESPOL

UTMACH: Universidad Técnica de Machala, Ecuador | **CENAIM:** Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, Ecuador | **ESPOL:** Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador | **ULEAM:** Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Ecuador | **UTN:** Universidad Técnica del Norte, Ecuador | **USC:** Universidad de Santiago de Compostela, España | **UDO:** Universidad de Oriente, Venezuela | **UDONE:** Universidad de Oriente, Núcleo de Nueva Esparta, Venezuela | **UDONS:** Universidad de Oriente Núcleo de Sucre, Venezuela | **USB:** Universidad Simón Bolívar, Venezuela | **IOV:** Instituto Oceanográfico de Venezuela | **UCLA:** Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Venezuela | **INP:** Instituto Nacional de Pesca, Ecuador | **ULGC:** Universidad de las Palmas, Gran Canarias, España | **UAL:** Universidad de Almería, España | **XG:** Xunta de Galicia, España.



Índice general

| | Pág. |
|--------------------------------------|------|
| Agradecimientos | i |
| Presentación | v |
| Índice general | ix |
| Programa del VII FIRMA, Ecuador 2014 | 1 |

Conferencias

| | |
|---|----|
| Probióticos, parte de la solución: alternativas de uso en el cultivo de camarón | 9 |
| Jenny Rodríguez, Cristóbal Domínguez, Bolívar Chalén, Gabriela Agurto, Irma Betancourt, Fanny Panchana, Rosa Malavé, Cecilia Tomalá, Lourdes Cobo y Bonny Bayot | |
| Flatfish pathology: the case of turbot <i>Scophthalmus maximus</i> L. in Portugal | 23 |
| A. Saraiva | |
| Diversidad de copépodos parásitos en peces marinos de Ecuador | 31 |
| Santana-Piñeros A.M., Caña-Bozada V., Mera-Loor G., Loor-Andrade P., Morales-Serna F.N. | |
| Un modelo de gestión de la pesca de pequeña escala en la Provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina | 43 |
| Luis A. Pellanda, Laura A. Lloreda | |
| Reproducción de langosta verde <i>Panulirus gracilis</i> en Ecuador | 69 |
| María Georgina Gluyas Millán, Jorge Andrés Moreira García, Fausto César Arias Macías | |



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



- Mortandad de peces en el Lago Titicaca dado efecto de remoción ecosistémica generado por condiciones meteorológicas, Puno-Perú. Reporte de caso** 211
 George Argota Pérez, Edmundo Moreno Terrazas, René Alfaro Tapia, Gilmar Gouzueta Camacho , Edwin Boza Condorena, Sabino Atencio Limachi, Martín Choque Yucra
- Plan de forestación de camaroneros en proceso de regularización - Balao, Ecuador (2009-2014)** 223
 Boris Bohorquez
- Efecto del cambio climático sobre la contaminación por metales en los recursos pesqueros** 241
 Lemus Mairin
- Evaluación de la distribución del contenido total y biodisponibles de los metales pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en sedimentos superficiales del estero de Santa Rosa, Provincia de El Oro, Ecuador** 253
 Senior W., Valarezo C., Sánchez O., Jacome N. C., Tobar-Ordoñez J. A., Collaguazo-Yaguachi A. F, Hernández D., Rodríguez G., Benítez A., Fermín I., De La Cruz R. Y Márquez A
- ULPGC y cooperación en Iberoamérica - Ecuador** 267
 Nieves González Henríquez
- Cooperación Iberoamericana de la Xunta de Galicia (España) en el sector de pesca y acuicultura** 271
 Guerra, A.

Acuicultura

- Avances en la producción de semillas de *Spondylus limbatus* (Sowerby II, 1847) en el Ecuador** 281
 Loor A., Sonnenholzner S. , Lodeiros C.
- La acuicultura en el Perú: producción, comercialización, exportación y potencialidades** 293
 Paul Martín Baltazar Guerrero, Jacqueline Palacios León
- Moluscos como recurso marino en enclaves arqueológicos de la Península de Santa Elena (costa suroccidental de Ecuador), ¿Un referente para la acuicultura?** 305
 Guerra A., Colcha L., Santana J., López E.



- Sistema de recirculación de agua para el levantamiento de larvas de *Piaractus brachypomus*, *Colossoma macropomum* y su híbrido** 313
 Poleo G.A., Guerrero H.Y., Barrero M., Cardillo E., Espinoza-Luna A.
- Cultivo suspendido de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* en dos épocas en la Laguna de Chacopata, edo. Sucre, Venezuela** 319
 Márquez A., Revilla J., Lodeiros-Chacon C., Freites L., Lodeiros C.
- Cultivo de esponjas en Venezuela ¿Una alternativa sustentable a futuro?** 337
 Amaro M. E., Fariñas M., Guevara M.
- Cultivo piloto de ostras (*Crassostrea rhizophorae* Gulding 1828) desarrollo productivo en el Golfo de Urabá, Colombia.** 349
Transferencia de buenas prácticas en pesca artesanal y acuicultura
 Piedrahita H.S, Ospina N.
- Sistema de recirculación de agua para el levantamiento de larvas de *Piaractus brachypomus*, *Colossoma macropomum* y su híbrido** 355
 Poleo G.A., Moyetone P., Sivira W., Abad D., Rincón D.
- Desarrollo de la actividad acuícola del Paiche *Arapaima giggas* en la amazonia peruana** 359
 Jules J. Arévalo Díaz, Omar O. Delgado Vargas
- Características físicas de los alimentos para Tilapia utilizados en Costa Rica** 363
 Vargas C.R

- Recursos marinos, pesca y procesamiento**
- Pepinos de mar: Aprovechamiento ecosustentable caso de estudio *Isoetichopus badionotus* Selenka 1867** 375
 J. Tacoronte, F. Gavilánez, I. Carrillo, A. Granda, I. Monje, M.T. Cabrera
- Talla inicial de madurez sexual (Tim) y/o talla de madurez sexual (Tm50%) – medida de manejo pesquero para el poliplacóforo *Chiton (Chiton) articulatus*: caso de estudio** 389
 Quetzalli Yasú Abadia-Chanona, Omar Hernando Avila-Poveda, Marcial Arellano-Martínez, Bertha Patricia Ceballos-Vázquez, Luis Miguel Flores-Campaña, Xchel Gabriel Moreno-Sánchez, Jorge Saúl Ramírez-Pérez



- Dinámica temporal y espacial de la comunidad íctica y megabentónica en playas arenosas en relación a parámetros indicadores de aportes fluviales** 399
Antonio Herrera, David Bone
- Desarrollo sustentable de la pesca de pequeña escala en la Provincia de Santa Cruz, Patagonia Argentina** 409
L. A. Pellanda, L. A. Lloreda
- Trazabilidad genética en conservas elaboradas a partir de túnidos y caballa en Cabo Verde** 419
Javier Quinteiro, Nilson Brás, Isilda Fortes, Manuel Rey-Méndez, Corrine Almeida, Pablo Manent, Nieves González-Henríquez
- Juveniles de la lisa *Mugil curema* (Actinopterygii: Mugilidae) en la Laguna Bocaripo, norte de la Península de Araya, Venezuela** 427
Ruiz L. J., Prieto A. S., Pérez M., Bello J., Aponte A.
- Monitoreo del desembarco de pesca artesanal en el estuario del Río Chone, Ecuador, entre octubre 2013 y enero 2014** 435
Débora Simón-Baile, Ana Reyes Lucas, Agustín Zambrano Ostaiza, Julián Álvarez Gracia
- Monitoreo de la pesquería de concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí en el periodo marzo-agosto 2014** 451
Mauricio Yáñez, Jeremy Mendoza
- Relación longitud-peso y factor de condición de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014** 459
Mauricio Yáñez, Jeremy Mendoza
- Evaluación sensorial y emocional de ceviche de “concha prieta” *Anadara tuberculosa* con miel de “abeja de tierra” *Geotrigona* sp. Y “catiana” *Scaptotrigona* sp. de la provincia de El Oro, Ecuador** 465
Patricia Vit
- Remoção da pele de sardinha (*Sardina pilchardus*) em conserva-comparação do efeito da remoção química e da remoção manual nas características organolépticas do produto** 471
Rodrigues P., Vaz Velho M. e Araújo A.



- Efeito do processo de conservação de duas espécies de macroalgas, *Bifurcaria bifurcata* e *Chondrus crispus*, nas propriedades físico-químicas e sensoriais de refeições prontas a consumir** 479
 Quesado T., Fonseca S.C, Vaz-Velho M Pinheiro R.

Biología, taxonomía, sistémica y ecología

- Desarrollo de un sistema de visión robótica, para vehículo autónomo submarino, para restauración de arrecifes de coral** 491
 Tusa E., Reynolds A., Robertson N., Lane D., Bosnjak A. y Villegas H.

- Caracterización del sistema digestivo durante el desarrollo larval de la cojinoba del norte *Seriolella violacea*** 503
 Alveal K., Silva A.

- Primera caracterización del plancton gelatinoso del estuario del río Guadalquivir (SW España)** 513
 R. Diz Fernando, González-Ortegón E., Vilas C.

- ARN/ADN En juveniles de *Cathorops spixi* (Pisces: Ariidae) en el golfo de Paría, Edo. Sucre, Venezuela** 519
 Caña Pavel Aponte, Aulo Chung Kyung, Lemus Mairin

- ¿Problemas taxonómicos en el género *Echinorhinus*? apuntes a partir de un nuevo hallazgo para el caribe en aguas venezolanas** 531
 Fariña A, Quinteiro J, Rey-Méndez M.

- Biología trófica del atún rojo (*Thunnus thynnus*) de edad 0+ en el sur del Mar Tirreno** 537
 Ferrer-Palou L., Medina A., Goñi N., Arrizabalaga H. Varela J.L.

- Dieta del skipjack (*Katsuwonus pelamis*) en el Pacífico ecuatorial** 549
 Flores J.C., Lucas C.R., Intriago K.M., Cedeño-Macias L.A., Loor-Andrade P., Varela J.L

- Simbiontes marinos en las comunidades de mesozooplankton del NE Atlántico: Parásitos y epibiontes** 553
 María Gregori, Ángel F. González, Santiago Pascual



- Dieta del atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Pacífico ecuatorial** 563
 Intriago K.M., Lucas C.R., Flores J.C., Cedeño-Macias L.A., Loor-Andrade P., Varela J.L
- Estimación del nivel trófico de atún rojo (*Thunnus thynnus*) de edad 1-2 mediante análisis de isótopos estables y su relación con la talla** 567
 Orúe B., Goñi N., Sorell J.M., Arrizabalaga H., Medina A., Varela J.L.
- Hábitos alimenticios del atún rojo (*Thunnus thynnus*) en dos zonas del Mediterráneo occidental** 573
 Sorell J.M., Medina A., Goñi N., Arrizabalaga H., Macias D., Varela J.L.
- Estructura comunitaria del fitoplancton en la zona de actividad pesquera en la Provincia del Guayas, Ecuador durante la época seca del 2012** 581
 Luis Troccoli Ghinaglia, Mónica Prado, David García, Jacqueline Cajas
- Caracterización histológica de las gónadas de hembras de *Anadara tuberculosa* de la localidad de Bajo Alto, Provincia De El Oro, Ecuador** 589
 Mairin Lemus, Victor González, Dwight Arrieche, Kyung Chung
- Dinámica temporal y espacial de la comunidad íctica y megabentónica en playas arenosas en relación a parámetros indicadores de aportes fluviales** 597
 Antonio Herrera, David Bone

Sustancias activas y biotecnología

- Análisis químico preliminar y letalidad frente a artemia salina de los extractos metanólicos y etéreos de las esponjas *Cliona varians* y *Aplysina fulva* recolectadas en la Bahía de Mochima, Venezuela.** 609
 Figueroa D., Senior M. Moreno S., D'Armas H.
- Evaluación de la toxicidad aguda de plantas medicinales cultivadas en Ecuador contra el crustáceo *Artemia salina*** 613
 Jaramillo A., Rojas de Astudillo L., D'Armas H. y Jaramillo C.
- Estudio químico de tres corales con potencial farmacológico, recolectados en el Golfo de Cariaco, Venezuela** 623
 Ordaz G, D'Armas H., Moreno S., Camacho A., Hernández J., Lanza J.



- Evaluación química y citotóxica de los extractos de algunas rodofitas de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela** 635
Segnini de B. Mary Isabel, Brito Leonor, D' Armas Haydelba
- Efecto del almendro (*Terminalia catappa*, Linneo, 1767) en las condiciones del agua** 643
Vargas C. R.
- Actividad letal de extractos metanólicos de macroalgas marinas del oriente de Venezuela** 651
Brito Leonor, Segnini de B. Mary Isabel, D' Armas Haydelba
- Estudo do efeito do pH e da pasteurização na cor de soluções tamponadas com *Chlorella vulgaris*** 655
Correia, A.C., Morais, P., Gomes, M.H., Barbosa, C., Vaz Velho, M.
- Análisis químico y bioactividad de la esponja marina *Cliona varians* con potencial farmacológico, recolectada en la Bahía de Mochima, Venezuela** 661
D' Armas H., Guevara L. Amaro M., Fariñas M., Lanza J.

Contaminación

- Determinación de As y Pb en sedimentos marinos de Bajo Alto-Machala-Provincia de El Oro mediante generación electroquímica de especies volátiles como técnica de introducción de muestra en espectroscopia de absorción atómica** 675
Caiminagua, Andrea, Ghislaine M., Fernández L., Romero, Hugo, Lapo, Byron, Alvarado, José
- Determinación de Sb en sedimentos marinos de Bajo Alto-Machala-Provincia de El Oro, mediante generación electroquímica de especies volátiles como técnica de introducción de muestra en Espectroscopia de Absorción Atómica** 683
Jessenia Ordoñez, Viviana Cuevas, Romero Hugo, Lapo Byron, Alvarado José, Fernández Lenys
- Efecto del cadmio en la regeneración de concha en juveniles de la ostra perla *Pinctada imbricata*** 693
Malavé K., Guevara M., Lemus M., Lodeiros C.
- Presencia de virus entéricos en la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding 1798) del nororiente de Venezuela** 699
Maldonado, A.J., Zambrano, Z.A., Bastardo, J.W.



Proyectos

PROYECTOS

Bancomac y Bangemac: bancos de la biodiversidad marina centro-atlántica 713

Nieves González-Henríquez, Javier Quinteiro, Manuel Rey-Méndez, Pablo Manent, Carolina Medina, Ruth Sarmiento, José A. González, Jorge Rodríguez-Castro, Lois Pérez-Dieguez, Ricardo Araújo, Adriana Alves, Ana R. Góis, João Gonçalves, Gilberto Carreira, Albertino Martin, Isilda Fortes, Rui Freitas, Evandro Lopes, Corrine Almeida

Avances del programa estratégico de tecnología asociada a la acuicultura del estado Sucre (PTAES), Venezuela 721

Bolívar R., Graziani C., Ortiz E., Lodeiros C., Freitas L., Acosta V., Villarroel E., Carpio M., Mago M., Rojas N., Montes A., Figueroa D., Centeno A., Gil H., Urbano, T.; Salmassi S.

Monitoreo ambiental y producción de semillas de moluscos bivalvos: avances del Proyecto FONACIT-UDO 201100344 731

Márquez A., Revilla J., Peñuela H., Malavé K., Venegas J., Pérez L., Bastardo L., Pinto R., Cortez R., Arieche D., Acosta V., Guevara M., Freitas L., Lodeiros C.

Conclusiones

Conclusiones del VII FIRMA, Ecuador 2014 741



PROGRAMA

VII FIRMA Ecuador 2014

Lunes 17 noviembre 2014

08:00-14:00 Inscripciones, instalaciones de carteles

MINICURSOS:

08:00-14:00

Luis Pellanda/Laura Lloreda, Ministerio de Producción, Provincia de Santa Cruz, Argentina

Modelo de gestión de la pesca a pequeña escala en Argentina

Aurélia María de Pinho Marques Saraiva, Facultad de Ciencias, Universidad de Porto, Portugal

Histopatología y etiología parasitaria en peces

Jorge Hernández López, CIBNOR Unidad Sonora Campus Hermosillo, México
Sanidad Acuícola: Camarón

Manuel Rey-Méndez, Universidad de Santiago de Compostela, España

Nieves González, Universidad de las Palmas, Gran Canarias

Herramientas moleculares para la gestión de la biodiversidad y recursos marinos

14:00-20:00

César Lodeiros Seijo, CENAIM-ESPOL/Prometeo-SENESCYT, Ecuador

Redacción y crítica de artículos científicos

George Argota, Universidad Ciencias Médicas, Cuba

Gestión metodológica de biomonitores en ecotoxicología para la conservación ambiental de recursos acuáticos

Jorge Sonnenholzner, CENAİM -ESPOL, Ecuador
Nieves González, Universidad de las Palmas, Gran Canarias, España
Manuel Rey-Méndez, Universidad de Santiago de Compostela, España
Gestión, valoración, cultivo y mejora de equinodermos

Martes 18 noviembre 2014

08:00-14:00 Inscripciones, instalaciones de carteles

10:30 Acto inauguración

11:00 Conferencia Inaugural: Pedro Peña, Representante FAO, Ecuador
Red de Acuicultura de las Américas. Contribuciones de la FAO a la Acuicultura y los Recursos Marinos en Ecuador

12:00 Almuerzo

14:00 Exposición de carteles

15:00 Conferencia magistral: Sergio Nates, Feedsagrisolutions, USA
Sustentabilidad en la industria de producción de alimentos acuícolas

16:00 Café-refrigerios

16:30-18:30 Mesa de trabajo ***Sanidad acuícola***

Moderador Sergio Nates, Feedsagrisolutions, USA

Jorge Hernández López, CIBNOR, México. Estrategias para el diagnóstico y control de enfermedades en organismos acuáticos

Jenny Rodríguez, CENAİM-ESPOL, Ecuador. El uso de probióticos, parte de la solución

Mario Aguirre, PHARMAQ, Panamá. Prevención de estreptococosis en tilapia mediante el uso de vacunas eficientes

Aurélia Marques Saraiva, Universidad de Porto, Portugal. Patologías de peces planos: caso rodaballo *Scophalmus maximus*

Ana María Santana Piñeros, ULEAM. Ocurrencia de copépodos parásitos en peces marinos de importancia comercial en Ecuador

Miércoles 19 noviembre 2014

08:00-14:00 Inscripciones, instalaciones de carteles.

08:30 Conferencia magistral: Luis Pellanda, Ministerio de Producción, Argentina, Gestión de la pesca a pequeña escala en Argentina

09:30 Café-refrigerios

10:00-12:00 Mesa de trabajo ***Recursos pesqueros en Ecuador. Pesca artesanal***

Moderador: Jeremy Mendoza, UTMACH/Prometeo-SENESCYT

Carmen Cabanilla, INP-MAGAP Aspectos generales de la pesca artesanal en los principales puertos pesqueros del Ecuador

Georgina Gluyas, ULEAM/Prometeo-SENESCYT. La pesca de langosta verde en Ecuador

Patricio Quizhpe, UTMACH. La pesca artesanal en la provincia de El Oro

Tomas Cruz, Presidente de UOPPAO

12:00 Almuerzo

14:00 Exposición de carteles

15.00 Conferencia magistral: Pierre Freón, IFREMER y Univ. Montpellier, Francia

Sostenibilidad de las cadenas de producción de la anchoveta: del mar al estante

16:00 Café-refrigerios

16:30-18:30 Mesa de trabajo *Recursos pesqueros en Ecuador. Pesca Industrial*
Moderador: José Luis Varela, ULEAM/Prometeo-SENESCYT

María Fernanda Marriot, SRP-MAGAP. Pesquería de la merluza a escala industrial: inicios, panorama actual y nuevos retos

José Luis García, INP-MEGAP. Aspectos generales de la pesca atunera del Ecuador y su cadena de valor

Luis Alfredo Icochea Salas, Facultad de Pesquería de la UNA La Molina - Lima Perú: *La merluza y la Corriente Cromwell (ecuatorial undercurrent)*

Luigi Benincasa ATUNEC-Asociación de atuneros del Ecuador.

Jueves 20 noviembre 2014

08:00-14:00 Inscripciones, instalaciones de carteles

08:30 Conferencia magistral: Julio López, INP-MEGAP, Prometeo SENESCYT

Construcción y funcionamiento de jaulas marinas en mar abierto. Experiencia en Islas Canarias y tecnología para la diversificación de la acuicultura en Ecuador

09:30 Café-refrigerios

10:00-12:00 Mesa de trabajo *Diversificación de la maricultura en Ecuador*
Moderador: César Lodeiros, CENAIM-ESPOL, Prometeo SENESCYT

Eliecer Cruz Bedon, MAE, Áreas Marino Costeras protegidas y proyecciones de Ampliación.

Pablo Lombeida, SA-MAGAP, Normativa para maricultura en el Ecuador.

Ana Verónica García Condo, ESPOL, Valoración ambiental como determinante de espacios factibles para el desarrollo de una maricultura sustentable en Ecuador

Jhonny Chavarría UPSE, Zonificación para la maricultura oceánica sostenible de pargo (*Lutjanus guttatus*) y Huayaipe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador

Stanislaus Sonnenholzner CENAIM-ESPOL, El CENAIM y la diversificación de la acuicultura en Ecuador

Jorge Sonnenholzner CENAIM-ESPOL, Cultivo de equinodermos en Ecuador

Wilfredo Arguello, Universidad Católica del Norte, Chile: Cultivo de Peces marinos en Ecuador

12:00 Almuerzo

14:00 Exposición de carteles

15.00 Conferencia magistral: Alejandro Guerra UPSE-Prometeo SENESCYT

Cultivo de moluscos en el litoral atlántico europeo: ¿Un modelo para Ecuador?

16:00 Café-refrigerios

16:30-19:00 Mesa de trabajo *Acuicultura a pequeña escala*

Moderador: Manuel Rey-Méndez, USC, España

Roberto Jiménez, SA-MAGAP Avances en el cultivo de ostras *Crassostrea gigas* en el Ecuador.

Lessi Catacora, Colegio de Ingenieros del Perú, Perú. Recuperación y conservación de peces a través de la acuicultura

Nieves González-Henríquez, ULPGC-ACIISI, España. Cultivos multitróficos: complementos a la explotación de otras especies de fuerte presencia en el mercado

Manuel Rey-Méndez, USC, España, Cultivo de Pulpo: una alternativa en la producción a pequeña escala

Paul Martin Baltazar Guerrero, UCS, Perú. Integración de la acuicultura en la producción de vegetales y cuyes empleando energía renovable en una zona rural de la costa centro del Perú.

German Poleo, UTN Prometeo SENESCYT. Programa piloto de formación en piscicultura continental dirigido a pequeños y medianos productores del Municipio Ibarra, Provincia de Imbabura, Ecuador.

Jules Arévalo Díaz, Perú. Desarrollo de la Actividad Acuícola del Paiche en la Amazonía Peruana.

Viernes 21 noviembre 2014

08.30 Conferencia magistral: Alfonso Vásquez-Botello, UNAM-México

Efecto del cambio climático en los recursos marinos

09:30 Café-refrigerios

10:00-12:00 Mesa de trabajo *Contaminación y cambio climático: como afectan a los recursos marinos*

Moderador William Senior, UTMACH/Prometeo-SENESCYT

George Argota, Universidad Ciencias Médicas, Cuba:

Boris Bohorquez, Fundación CALISUR. Remediación ambiental y regeneración de ecosistemas de mangle, una actividad para la sustentabilidad de los recursos acuáticos con inversión camaronera.

Mairin Lemus, UTMACH/Prometeo-SENESCYT. Efecto del Cambio Climático Sobre la Contaminación por Metales en los Recursos Pesqueros

William Senior, UTMACH/Prometeo SENESCYT. Evaluación de la Distribución del Contenido Total y Biodisponibles de los Metales Pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en Sedimentos Superficiales del Estero Santa Rosa, Provincia de El Oro, Ecuador.

Fernando Mestre, UTMACH, Prometeo-SENESCYT. Cambio Climático, Alimentación y Presión sobre los Recursos

Alfonso Vásquez-Botello, UNAM-México. Impactos del Derrame de la Plataforma Deep Water Horizon de la British Petroleum en Lousiana, Eua.

Luis Alfredo Icochea Salas, Facultad de Pesquería de la UNA La Molina - Lima Perú: Update on El Niño and possible effects on Southeast Pacific fishing.

12:00 Almuerzo

14:00 Exposición de carteles

15:00 Café-refrigerios

15:30-17:30 Mesa de Trabajo *Cooperación Iberoamericana en Acuicultura*

Moderadora Nieves González-Henríquez, ULPGC-ACIISI

SENESCYT-Programa Prometeo

Secretaría Técnica de Cooperación Internacional-Ecuador

MAGAP-Dirección de preinversión y cooperación nacional e internacional

FAO

Alejandro Guerra, Prometeo SENESCYT. CIBPA-INCYT. Universidad Estatal de Santa Elena. Ecuador. Cooperación Iberoamericana de la Xunta de Galicia (España) en el sector de pesca y acuicultura ACIISI Gobierno de Canarias-ULPGC

17:30 Entrega de premios a los mejores trabajos (*posters*) presentados

18:00 *Lessi Catacora*, Colegio de Ingenieros del Perú, Perú. Presentación del VIII FIRMA 2015

19:00 Clausura, Brindis

Sábado 22 noviembre 2014

09:00 -12:00 Reunión comité, ejecutivo, promotor e invitados para conclusiones del evento.

Análisis de propuesta para el VIII Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura.

SIDAD TECNOLÓGICA
AUDITORIA



Conferencias

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



Probióticos, parte de la solución: alternativas de uso en el cultivo de camarón

Jenny Rodríguez, Cristóbal Domínguez, Bolívar Chalén, Gabriela Agurto, Irma Betancourt, Fanny Panchana, Rosa Malavé, Cecilia Tomalá, Lourdes Cobo y Bonny Bayot

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Investigaciones Marinas, CENAIM, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

E-mail: jenrodri@espol.edu.ec

Resumen

Debido a las variaciones ambientales los sistemas de cultivo constituyen ambientes estresantes que favorecen la aparición y propagación de enfermedades infecciosas. Las prácticas de manejo para controlarlas han involucrado el uso de antibióticos y probióticos, muchas veces de forma empírica. Nosotros proponemos hacer una revisión profunda de esas prácticas, sin tener que optar por eliminar bacterias mediante antibióticos, sustituyéndolas por otras no adaptadas a los ambientes de cultivo, ya que estas prácticas favorecen el establecimiento de bacterias oportunistas, potencialmente patógenas, resistentes a los antibióticos. La alternativa sería utilizar probióticos aislados de la flora natural del hospedero para crear una comunidad bacteriana benéfica que aporte beneficios fisiológicos a los animales, impida el crecimiento de bacterias indeseadas, y fortalezca su sistema inmune. Los probióticos podrían combinarse con inhibidores del quorum sensing para potenciar sus beneficios. Los animales así tratados enfrentarían, con mayores posibilidades de éxito, las condiciones de piscina o responderían de forma mejorada a los tratamientos de inmunointervención.

Introducción

En los sistemas de cultivo de camarón, particularmente en los estanques de tierra utilizados en la fase de engorde, los parámetros ambientales fluctúan de



acuerdo a diversos factores, ubicación geográfica, estación climática, fuentes de agua, insolación, viento, entre otros. A causa de esta variabilidad ambiental, los animales están expuestos a condiciones estresantes. Situación que ha dado lugar a brotes de enfermedades infecciosas. Entre las más temibles por las pérdidas ocasionadas a la industria del camarón se encuentran las virales, tales como el Síndrome de Taura y el Síndrome de la Mancha Blanca. Hasta el momento, esta última persiste como la enfermedad más agresiva reportada para el camarón de cultivo (Lightner 1996). Las infecciones bacterianas, principalmente las ocasionadas por bacterias del género *Vibrio* también han causado enfermedades involucradas en fuertes mortalidades, entre las que cabe mencionar el síndrome de la gaviota, el síndrome de las bolitas (Vandenberghe et al. 1999) y el síndrome del verano (Goarant et al. 2006). El Síndrome de la Necrosis Hepatopancreática Aguda, también llamada Síndrome de Mortalidad Temprana (AHPNS ó EMS respectivamente por sus siglas en inglés) es causado por una cepa particularmente patógena de *Vibrio parahaemolyticus* (Tran et al. 2013). La aparición de esta enfermedad en Asia provocó pérdidas cercanas al billón de dólares (De Schryver, Defoirdt, y Sorgeloos 2014). La presencia de AHPNS fue confirmada en México (Nunan et al. 2014), provocando fuertes pérdidas a la industria del camarón.

Información anecdótica indica que en el caso concreto de las enfermedades bacterianas los productores han optado principalmente por los antibióticos y probióticos. Cada una de estas alternativas podrían tener sus ventajas y limitaciones, dependiendo de los protocolos de aplicación seguidos. Sin embargo, los problemas bacterianos están lejos de solucionarse. En este trabajo comenzaremos por hacer una recapitulación de las vibriosis y el manejo de estas en las larviculturas de *Penaeus vannamei* y finalmente expondremos las alternativas que ofrece el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL) como centro de investigación en organismos acuícolas, focalizando en el uso de probióticos.

Vibriosis en larvicultura de camarón y prácticas de manejo

Los vibrios son omnipresentes en el medio marino, donde interactúan con otros componentes del ecosistema. Muchos son indispensables para la supervivencia de los organismos (Leyton y Riquelme 2008), son capaces de tener vida planctónica y de formar biopelículas, pueden estar asociados como microbiota de los organismos sin ser patógenos para ellos, pero pueden ser muy patógenos para otros hospederos. La mayoría de bacterias aisladas de camarones silvestres pertenecen a este género (Morales-Covarrubias 2004). En los albores de la industria camaronera, cepas patógenas de vibrios luminiscentes provocaron grandes pérdidas a la industria, tal es el caso de *Vibrio harveyi*, relacionado con el Síndrome de la Zoea (Vandenberghe et al. 1999). En esos momentos no se



contaba con probióticos y se recurrió, al igual que en otros países productores de camarón, al uso generalizado de los antibióticos, principalmente cloranfenicol a “dosis preventivas”. Por un lado estas prácticas afectaron negativamente el establecimiento de una microflora adecuada en los organismos, y por otro lado favorecieron el establecimiento de bacterias oportunistas, potencialmente patógenas, por ejemplo vibrios resistentes a antibióticos. Un segundo ejemplo del uso inadecuado de antibióticos constituye la oxitetraciclina (OTC), el cual ha sido utilizado en la acuicultura del camarón para combatir la hepatopancreatitis necrotizante (NHP), principalmente en piscinas y maduración. Antibiogramas realizados con oxitetraciclina utilizando cepas de vibrios luminiscentes aisladas de larviculturas, han mostrado resistencia a la OTC (figura y tabla 1) a altas concentraciones indicando que, el antibiótico se está utilizando en larvicultura o que los progenitores que llegan de piscina, transportan con ellos bacterias resistentes (Phillips 1995).

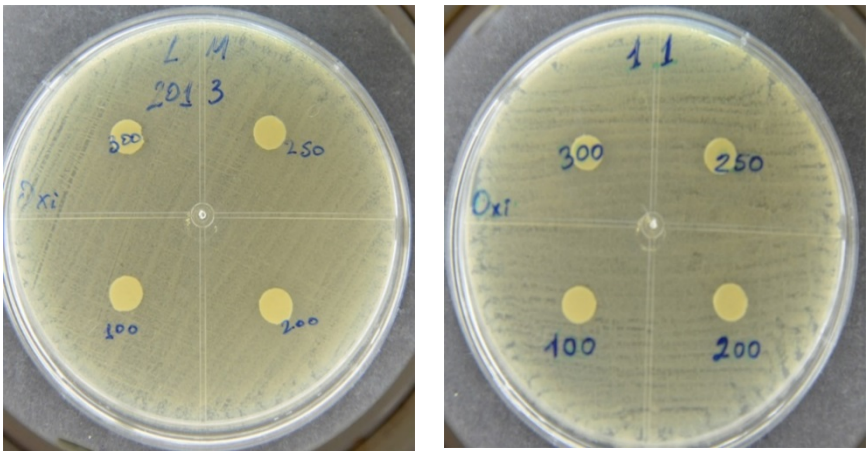


Figura 1. Antibiograma utilizando Oxitetraciclina contra dos bacterias luminiscentes aisladas de dos larviculturas de *P. vannamei*.

Los antibióticos han marcado un hito en la historia de la humanidad para combatir las enfermedades bacterianas, sin embargo cada día aparecen nuevas cepas bacterianas resistentes a múltiples antibióticos (Errecalde 2004). El riesgo para la salud humana de la resistencia a los antibióticos y la capacidad de las bacterias de transmitirse entre ellas los genes responsables de esa resistencia, ha provocado que el uso de estos medicamentos sea restringido en producción animal y esté sujeto a supervisión. Algunos países aceptan el uso de ciertos antibióticos en productos acuícolas, entre ellos oxitetraciclina, sulfadiacina (trimetoprim), sulfadimetoxina (ormetoprim) y florfenicol. Sin embargo las concentraciones son toleradas a dosis máximas permitidas, siendo por lo tanto los productos de exportación sujetos a trazabilidad y restricciones de



importación (Serrano 2005). Así embarques completos de diferente proveniencia han sido rechazados de los mercados europeos por la presencia de antibióticos (Vass, Hruska, and Franek 2008). Tanto la resistencia como las restricciones impuestas se conjugan contra el uso de antibióticos en los sistemas de cultivo.

Tabla 1. Diámetros de las zonas de inhibición (en centímetros) de los antibiogramas realizados con oxitetraciclina contra cinco aislados luminiscentes (LM5, LM11, LV, LM y LM-16) y dos cepas controles *Vibrio harveyi* (Vh) y *Vibrio parahaemolyticus* (Vp). Algunos aislados exhiben resistencia al antibiótico, ya que tienen menos de 1,5 centímetros de zona de inhibición.

| Concentración de antibióticos (partes por millón) | Vh | Vp | LM5 | LM11 | LV | LM | LM-16 |
|---|-----|-----|-----|------|-----|-----|-------|
| 300 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 1,2 |
| 250 | 1,8 | 2,1 | 2,1 | 0,0 | 2,0 | 0,0 | 1,2 |
| 200 | 1,7 | 2,0 | 2,0 | 0,0 | 1,6 | 0,0 | 1,1 |
| 100 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 0,0 | 1,5 | 0,0 | 1,0 |

El uso de probióticos en base al principio de exclusión competitiva es una de las más prometedoras alternativas para combatir las enfermedades bacterianas. Los probióticos son definidos como “suplementos microbianos vivos que tienen un efecto beneficioso sobre el hospedero, mejorando su respuesta hacia las enfermedades, modificando la comunidad microbiana del ambiente asociada al hospedero, asegurando un mejor uso del alimento o mejorando su valor nutricional (Verschuere *et al.* 2000; Moriarty 1999; Rengpipat *et al.* 2000). Las bacterias pueden competir por espacio y fuentes de carbono y liberar sustancias químicas con efectos bactericidas: bacteriocinas, sideróforos, lisozimas, proteasas, peróxido de hidrógeno, ácidos orgánicos influyendo de esta manera sobre las relaciones de competencia entre poblaciones microbianas. Por otra parte los constituyentes de las paredes celulares Lipopolisacáridos (LPS) y peptidoglicanos son detectados por el sistema inmune del hospedero como patrones moleculares asociados a patógenos (PMAPs), y actúan por lo tanto como inmunoestimulantes (Newman *et al.* 2000).

La profusión de géneros y productos comerciales utilizados como probióticos puede indudablemente ocasionar confusiones al momento de elegir un producto. La mayor parte de productos comerciales ofrecidos en el mercado acuícola pertenecen al género *Bacillus* (Tabla 2). Naturalmente los *Bacillus* suelen estar presentes en sedimentos marinos o estuarinos, o en arenas de la costa, en lodos



de sistemas dulceacuicolas y son muy comunes en todos los suelos agrícolas. No se definen ni se detectan como organismos predominantemente planctónicos. A causa de su estilo de vida, generan esporas cuando las condiciones ambientales son desfavorables, por ejemplo desecación o choques térmicos (Weng Alemán *et al.* 2005). Los bacilos son comercializados como esporas liofilizadas. Independientemente de su eficacia, su uso plantea dos retos, el primero la activación de las esporas y el segundo la adaptación de estas bacterias a los sistemas de cultivo de camarón, lugar en el que además deben competir con vibrios perfectamente adaptados a las condiciones de cultivo y a los animales. Para activarlos y enriquecer los inóculos, los productores muchas veces incuban las esporas con melaza (usada como fuente de carbono), a fin de favorecer además el crecimiento de vibrios cuyas colonias crezcan amarillas en TCBS, ya que consideran que los vibrios más patógenos para camarón *V. harveyi* y *V. parahaemolyticus* son verdes. No se realiza un real control del crecimiento bacteriano y muchas veces tampoco se esteriliza la melaza.

Por otra parte, debido a la mancha blanca y a las vibriosis los productores han adoptado altas temperaturas en larvicultura. En efecto, el más importante determinante de brotes de enfermedades virales en camarón constituye la temperatura. Esto es particularmente verdadero para el WSSV (Vidal *et al.* 2001), así en tanto, las fluctuaciones térmicas están asociadas a brotes de enfermedad (Rahman *et al.* 2007) la incidencia de mancha blanca disminuye por encima de los 32°C (Rodríguez *et al.* 2003). Por otra parte, la tasa metabólica se acelera a altas temperaturas disminuyendo el tiempo de duración de la larvicultura (y los riesgos de pérdidas). Cabe recordar sin embargo, que el calentamiento podría afectar la composición de las comunidades bacterianas marinas, favoreciendo el crecimiento de los vibrios.

Posiblemente, a causa de estas prácticas, las enfermedades bacterianas han sufrido un auge en Ecuador, detectándose lesiones atribuibles a bacterias en PLs y juveniles y altas prevalencias de vibrios luminiscentes (figura 2) resistentes a los antibióticos (figura 1), fermentadores y no fermentadores de sucrosa. Por otra parte análisis de RAPD han indicado escasa variabilidad en las cepas de vibrios luminiscentes encontrados sugiriendo una fuerte presión de selección.

■ muestras con Vibrios totales > 10+E5 ■ muestras con Vibrios totales < 10+E5

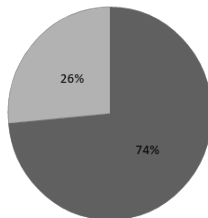


Figura 2. Porcentajes de vibrios reportados en concentraciones superiores a 10⁵ UFC en muestras de larviculturas de diferentes orígenes.



Tabla 2. Algunos productos comerciales ofrecidos como probióticos en el mercado del camarón.

| Probiótico | Concentración Bacteriana |
|--|--|
| PondPlus ® (Ecuaquimica) | 1×10^9 ufc/g. <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus megaterium</i> , <i>Bacillus pumilus</i> . |
| PondDtox ® (Ecuaquimica) materia orgánica | 3×10^9 ufc/g. <i>Paracoccus pantotrophus</i> , <i>Bacillus megaterium</i> |
| PondProtect® (Ecuaquimica) controla niveles de amonio | 0,2% <i>Nitrosomonas eutropha</i> y <i>Nitrobacter winogradskyi</i> |
| PERFOSTIM (BIO BAC) | <i>Pediococcus Acidilactici</i> |
| BIO BAC™ (biorremediación de suelos y agua) | 1×10^8 ufc/g. <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , 1×10^8 ufc/g <i>Pediococcus pentosaceus</i> , 1×10^8 ufc/g <i>Pediococcus acidilactici</i> |
| TERMINATE Bacteria Premix (PRILABSA) | <i>Bacillus Cougulans</i> , <i>Bacillus Laterosporus</i> , <i>Bacillus EHC 100 Strain</i> , <i>Bacillus Pumilus</i> , <i>Bacillus Subtrillis</i> , <i>Bacillus Amyloliquefaciens</i> , <i>Bacillus Licheniformis</i> . |

Los probióticos parte de la solución, una propuesta de CENAIM-ESPOL

CENAIM ha trabajado en el aislamiento de bacterias probióticas utilizando como criterio de selección no el género sino el tipo de asociación de las bacterias con su hospedero. En ese contexto se han aislado y evaluado bacterias que forma parte de la flora natural o simbiote del huésped e incide en su buen funcionamiento (respuesta inmune robusta y buen crecimiento), evaluando además la capacidad de estas bacterias de competir con bacterias potencialmente patógenas y tan adaptadas a convivir con su hospedero que al aplicarlos en animales provenientes de sistemas de cultivo son capaces de desplazar a otras bacterias que se hayan establecido previamente. *Bacillus* sp. (cepa P64) y *Vibrio hepatarius* (cepa P62) se aislaron de camarones *P. vannamei* provenientes del medio marino sanos, en ensayos de laboratorio estas bacterias incidieron positivamente sobre el crecimiento y la respuesta inmune, su exposición a fuertes concentraciones no tuvo efectos negativos en los animales y tanto in vitro como in vivo han sido capaces de desplazar a *V. harveyi* (Figura 3) (Gullian, Thompson, and Rodriguez 2004) y otras bacterias luminiscentes recientemente aisladas de larvas (Tabla 3). Usadas en precría y en piscina, estas bacterias incrementaron significativamente los parámetros de producción (supervivencia, libras/ha).



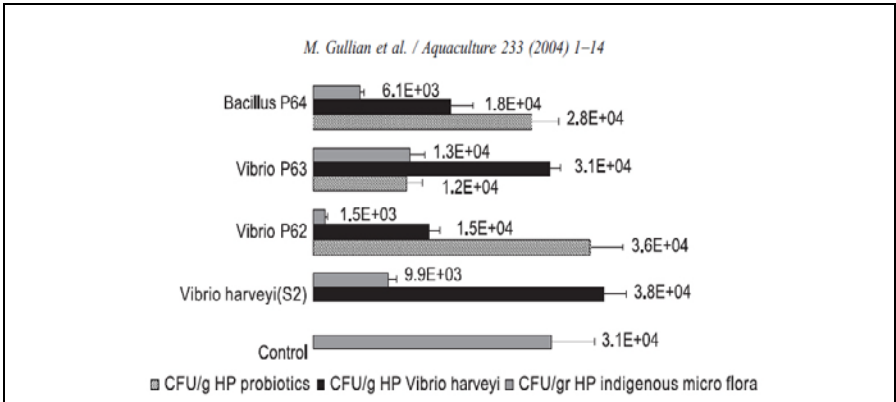


Figura 3. Efecto de desplazamiento de bacterias candidatas a probióticos sobre *Vibrio harveyi* y flora bacteriana previamente establecida. Tomado de Gullian, Thompson y Rodríguez, 2004. Selección de bacterias probióticas con propiedades inmunoestimulantes (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848603006367>).

Tabla 3. Efecto antagonístico (signo +) de los probióticos Ili, P62 y P64 utilizados a diferentes concentraciones contra los aislados luminiscentes y las cepas de referencia de *V. harveyi* (Vh) y *V. parahaemolyticus* (Vp.)

| Probiótico | Concentración | Vh | Vp | LM5 | LM11 | LV | LM-16 | LM-2013 |
|------------|----------------------|----|----|-----|------|----|-------|---------|
| Ili | 1,00 10 ⁷ | + | - | + | + | + | + | + |
| | 1,00 10 ⁶ | - | - | + | + | - | + | + |
| | 1,00 10 ⁵ | - | - | - | - | - | - | + |
| P62 | 1,00 10 ⁷ | - | + | - | + | - | + | - |
| | 1,00 10 ⁶ | - | - | - | - | - | + | - |
| | 1,00 10 ⁵ | - | - | - | - | - | - | - |
| P64 | 1,00 10 ⁷ | + | + | + | + | + | + | + |
| | 1,00 10 ⁶ | + | - | + | + | + | + | + |
| | 1,00 10 ⁵ | - | - | - | - | - | - | - |



Vibrio alginolyticus (cepa Ili), fue aislado del agua de cultivo de una larvicultura exitosa (Morales, no publicado), su uso incrementa la supervivencia de las larvas influyendo además positivamente en la respuesta inmune medida en juveniles (Rodríguez *et al.* 2007). Estas observaciones indican que su establecimiento como microflora benéfica en larvas cumple un rol fundamental para la maduración del sistema inmune del camarón. PLs poseedoras de un sistema inmune robusto y una micoflora adecuada responderán mejor no solo a las condiciones estresantes de la piscina (Tabla 4), sino también a tratamientos de inmunointervención en piscina (Tabla 5) (Rodríguez *et al.*, 2011).

Tabla 4. Supervivencia en piscina a cosecha de larvas tratadas con Ili, Tomado de Rodríguez *et al.*, 2011. Efecto del probiótico *Vibrio alginolyticus*, β -1,3/1,6-glucanos y temperatura sobre la producción de camarón. (http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/11DBPBMB_5_SII.html).

| | Densidad de siembra m ² | Densidad de cosecha m ² | SPV | Rendimiento Lbs/ha | Peso | FCR |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|-----------|----------|
| CONTROL | 8 | 4,9±1,3a | 60,8±16,2a | 1050±162a | 10,1±1,4a | 1,7±0,3a |
| ILI EN LARVICULTURA | 8 | 6,5±0,8a | 80,8±9,8a | 1506±24b | 10,7±1,3a | 1,1±0,0b |

Datos con diferentes letras significan diferencias significativas (95% de confianza)

Tabla 5. Supervivencia en piscina a cosecha de larvas tratadas con Ili, Tomado de Rodríguez *et al.*, 2011. Efecto del probiótico *Vibrio alginolyticus*, β -1,3/1,6-glucanos y temperatura sobre la producción de camarón. (http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/11DBPBMB_5_SII.html).

| | Densidad de siembra m ² | Densidad de cosecha m ² | SPV | Rendimiento Lbs/ha | Peso | FCR |
|--|------------------------------------|------------------------------------|-----------|--------------------|-----------|----------|
| CONTROL | 8 | 5,9±0,8a | 73,8±10a | 1431±82,5a | 11,2±1,6a | 1,2±0,1a |
| ILI EN LARVICULTURA B-GLUCANOS EN PISCINA | 8 | 6,5±0,6a | 80,7±7,2a | 1650±84,3b | 11,7±0,5a | 1±0,1b |

Datos con diferentes letras significan diferencias significativas (95% de confianza)



Un segundo aspecto considerado en nuestro protocolo es el momento y la forma de utilizar los probióticos. El ciclo del cultivo de camarón sigue varias etapas, la larvicultura (nauplio 5-a postlarva 4), nursery de PL4 –PL12 en adelante. A partir de PL12 los animales pueden ser sembrados directamente en piscina. Sin embargo los productores han logrado optimizar el tiempo de uso de las piscinas (y esta ha sido una de las estrategias más exitosas para paliar los efectos de la mancha blanca) sembrando previamente los camarones en Race-Ways y/o en piscinas pequeñas de precría que se abren luego a piscinas más grandes (sistema madre-hija) (De wind, comunicación personal). La ventaja adicional de estas prácticas es ejercer un mayor control sobre los estadios iniciales y disminuir las pérdidas en caso de brote de enfermedad (no es lo mismo perder un Race-Way que una piscina). La intervención para manejar las enfermedades bacterianas debe hacerse desde el inicio, en N5, las bacterias probióticas deben ya estar presentes en el agua de cultivo antes de sembrar los animales, antes de que estos abran la boca. Los tratamientos deben continuar durante todo el ciclo de cultivo, considerando que durante esta fase se realizan continuos recambios de agua. Como se mencionó anteriormente una microflora benéfica en las primeras etapas influye positivamente sobre los resultados de piscina.

Otro aspecto prometedor que involucra a los probióticos es su aplicación al cultivo de artemias. Cuando las zoeas de camarón pasan a Mysis, los requerimientos nutricionales cambian y el comportamiento de los animales para conseguir el alimento también. Sin artemias el canibalismo se desencadena en el tanque. Sin embargo, las artemias son una poderosa fuente de bacterias y muchos problemas comienzan con la aplicación de nauplios de artemia al tanque de cultivo. Durante la eclosión del crustáceo se libera glicerol que favorece el crecimiento de bacterias potencialmente patógenas (Quiroz Guzmán 2013). Una forma de controlar el tipo de bacterias que ingresarán al sistema como flora acompañante de las artemias es inoculando bacterias probióticas durante la eclosión. En CENAIM-ESPOL hemos realizado ensayos inoculando nuestros probióticos al proceso de eclosión de las artemias. Los resultados indican que P62, tiene la capacidad de aprovechar los nutrientes liberados colonizando las artemias. Introducir en la larvicultura bacterias benéficas, en lugar de una fuerte carga incierta, disminuiría los riesgos de infecciones bacterianas en larvicultura.

Tabla 6. Capacidad de P62 de crecer en los nauplios de artemia, desplazando otras bacterias durante la eclosión (no publicado)

| | Carga bacteriana en artemias | |
|----------------|-------------------------------------|-------------------|
| | FA | P62 |
| CT | 1,18E+08±1,37E+07 | 0,00E+00±0,00E+00 |
| P62 106 | 6,72E+07±7,47E+07 | 2,67E+07±2,22E+07 |
| P62 107 | 1,11E+07±1,56E+06 | 1,70E+08±9,84E+07 |
| P62 108 | 0,00E+00±0,00E+00 | 1,02E+09±0,00E+00 |



Combinar estrategias

Otras alternativas que se han explorado para controlar las infecciones bacterianas incluyen los fagos y la disrupción del *quorum sensing* (QS). Lomelí-Ortega y Martínez-Díaz (2014) han utilizado terapias basadas en fagos para controlar la infección con *V. parahaemolyticus* en larvas de camarón. En tanto, las moléculas capaces de interrumpir la comunicación bacteriana se vislumbran como las nuevas drogas antipatogénicas. Una ventaja adicional de los inhibidores de QS es que al ser utilizados a dosis subletales implican bajo riesgo de inducir resistencia bacteriana (Sully *et al.* 2014), y pueden ser combinados con probióticos. El cinnamaldehyde molécula extraída de la canela es capaz de inhibir la expresión de genes de virulencia, luminiscencia y formación de biopelículas, protegiendo a las artemias contra *V. harveyi* (Brackman *et al.* 2008).

Por otra parte se debe considerar que el virus de la mancha blanca es endémico en prácticamente todos los países productores de camarón. Por lo tanto no se pueden diseñar estrategias de manejo bacteriano obviando al WSSV. El control de patógenos es más eficiente si se combinan estrategias, los probióticos son particularmente beneficiosos en las primeras fases de cultivo y durante el transporte de PLs. Antes de sembrar en piscina, una temperatura adecuada alrededor de 31°C e inmunoestimulantes (Rodríguez *et al.*, 2011) o probióticos (no publicado) pueden tener efectos negativos sobre la prevalencia para WSSV asegurando llevar a piscina animales con baja carga viral (Figura 4). La combinación temperatura de 31°C y probióticos e inhibidores de *quorum sensing* ha dado excelentes resultados para controlar vibrios en RW (no publicado).

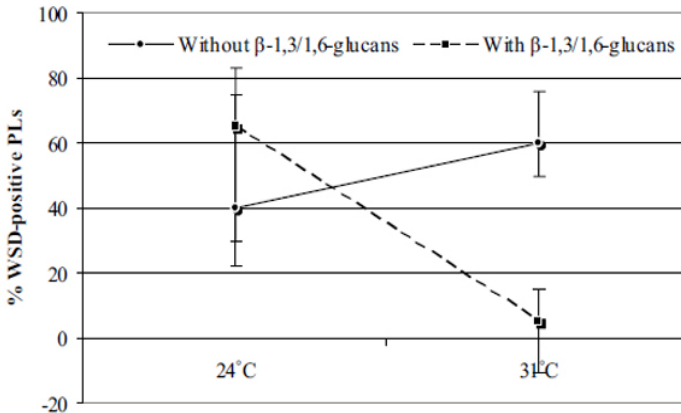


Figura 4. Efecto de la interacción temperatura/inmunoestimulantes sobre lesiones de mancha blanca en PLs de camarón. Tomado de Rodríguez *et al.*, 2011. Efecto del probiótico *Vibrio alginolyticus*, β -1,3/1,6-glucanos y temperatura sobre la producción de camarón (http://www.globalsciencebooks.info/JournalsSup/11DBPBMB_5_S11.html).



Conclusiones

Debe realizarse una profunda revisión de las estrategias de manejo de infecciones bacterianas en sistemas de producción. Es recomendable limitar al máximo el uso de antibióticos a fin de no favorecer la selección de cepas patógenas resistentes y diseñar estrategias para manejar las comunidades bacterianas en los tanques de cultivo privilegiando el uso de probióticos, temperaturas de cultivo no estresantes e inhibidores del QS.

Perspectivas

El mar ofrece un sinnúmero de posibilidades para el biodescubrimiento. Partiendo siempre del principio de aislar microorganismos adaptados o simbioses de los organismos marinos, nuevas bacterias cultivables y sus productos pueden ofrecer alternativas. En este momento nos encontramos analizando en acuario y piscina, bacterias marinas con fuerte capacidad antibacteriana contra vibrios patógenos de camarón.

Referencias

- Brackman, Gilles, Tom Defoirdt, Carol Miyamoto, *et al.* 2008 Cinnamaldehyde and Cinnamaldehyde Derivatives Reduce Virulence in *Vibrio* Spp. by Decreasing the DNA-Binding Activity of the Quorum Sensing Response Regulator LuxR. *BMC Microbiology* 8(1): 149.
- Errecalde, O. J. 2004 Uso de Antimicrobianos En Animales de Consumo. FAO.
- Goarant, Cyrille, Dominique Ansquer, José Herlin, *et al.* 2006 “Summer Syndrome” in *Litopenaeus Stylirostris* in New Caledonia: Pathology and Epidemiology of the Etiological Agent, *Vibrio nigripulchritudo*. *Aquaculture* 253(1–4): 105–113.
- Gullian, Mariel, Fabiano Thompson, and Jenny Rodríguez 2004 Selection of Probiotic Bacteria and Study of Their Immunostimulatory Effect in *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 233(1–4): 1–14.
- Leyton, Yanett, and Carlos Riquelme 2008 Vibrios En Los Sistemas Marinos Costeros. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 441–456.
- Lightner, Donald V. 1996 A Handbook of Shrimp Pathology and Diagnostic Procedures for Diseases of Cultured Penaeid Shrimp. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19970037440>, accessed March 24, 2015.
- Morales-Covarrubias, MARÍA SOLEDAD 2004 Enfermedades del Camarón: Detección mediante análisis en Fresco e Histopatología. Editorial Trillas, México, DF.
- Moriarty, David JW 1999 Disease Control in Shrimp Aquaculture with Probiotic Bacteria. *In Proceedings of the 8th International Symposium on Microbial Ecology* Pp. 237–243. Atlantic Canada Society for Microbial Ecology Halifax, Canada. <http://socrates. acadiau.ca/isme/symposium08/moriarty.pdf>, accessed March 26, 2015.



- Newman, Mari-Anne, Edda Von Roepenack, Mike Daniels, and Max Dow 2000 Lipopolysaccharides and Plant Responses to Phytopathogenic Bacteria. *Molecular Plant Pathology* 1(1): 25–31.
- Nunan, Linda, Donald Lightner, Carlos Pantoja, and Silvia Gomez-Jimenez 2014 Detection of Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND) in Mexico. *Dis. Aquat. Organ.*
- Phillips, Michael J. 1995 Shrimp Culture and the Environment. *In* Pp. 37–62. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center (SEAFDEC/AQD). <http://repository.seafdec.org.ph/handle/10862/124>, accessed March 26, 2015.
- Quiroz Guzmán, Eduardo 2013 Control de *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio harveyi* durante la producción de nauplios de *Artemia franciscana* mediante un consorcio de bacterias probióticas y fagos. Thesis, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/16745>, accessed March 26, 2015.
- Rahman, Muhammad M., Mathias Corteel, Mathieu Wille, et al. 2007 The Effect of Raising Water Temperature to 33 C in *Penaeus vannamei* Juveniles at Different Stages of Infection with White Spot Syndrome Virus (WSSV). *Aquaculture* 272(1): 240–245.
- Rengpipat, Sirirat, Sombat Rukpratanporn, Somkiat Piyatiratitivorakul, and Piamsak Menasaveta 2000 Immunity Enhancement in Black Tiger Shrimp (*Penaeus monodon*) by a Probiotic Bacterium (*Bacillus* S11). *Aquaculture* 191(4): 271–288.
- Rodríguez, J, B Bayot, Y Amano, et al. 2003 White Spot Syndrome Virus Infection in Cultured *Penaeus vannamei* (Boone) in Ecuador with Emphasis on Histopathology and Ultrastructure. *Journal of Fish Diseases* 26(8): 439–450.
- Rodríguez, Jenny, Yuri Espinosa, Fabricio Echeverría, et al. 2007 Exposure to Probiotics and B-1,3/1,6-Glucans in Larviculture Modifies the Immune Response of *Penaeus vannamei* Juveniles and Both the Survival to White Spot Syndrome Virus Challenge and Pond Culture. *Aquaculture* 273(4): 405–415.
- Rodríguez, J, Cedeño, R, Bayot, B., Echeverría, F., Teixeira da Silva, JA., Valladares, A., Aguayo, D., Sonnenholzner, S., 2011. Effects of the *Vibrio alginolyticus* Probiotic, β -1,3/1,6-Glucans and Temperature on Shrimp Production. *Dynamic Biochemistry, Process Biotechnology* 5, (Special issue on Aquaculture 1), 49–55.
- De Schryver, Peter, Tom Defoirdt, and Patrick Sorgeloos 2014 Early Mortality Syndrome Outbreaks: A Microbial Management Issue in Shrimp Farming? *PLoS Pathog* 10(4): e1003919.
- Serrano, Pilar Hernández. 2005 Responsible Use of Antibiotics in Aquaculture. *Food & Agriculture Org.*
- Sully, Erin K., Natalia Malachowa, Bradley O. Elmore, et al. 2014 Selective Chemical Inhibition of Agr Quorum Sensing in *Staphylococcus Aureus* Promotes Host Defense with Minimal Impact on Resistance. *PLoS Pathogens* 10(6): e1004174.
- Tran, L., L. Nunan, R. M. Redman, D. V. Lightner, and K. Fitzsimons 2013 EMS/AHPNS: Infectious Disease Caused by Bacteria. *Global Aquaculture Advocate*: 18–20.
- Vandenbergh, Johan, Linda Verdonck, Rocio Robles-Arozarena, et al. 1999 Vibrios Associated with *Litopenaeus vannamei* Larvae, Postlarvae, Broodstock, and Hatchery Probiotics. *Applied and Environmental Microbiology* 65(6): 2592–2597.



- Vass, M., K. Hruska, and M. Franek 2008 Nitrofurán Antibióticos: A Review on the Application, Prohibition and Residual Analysis. *Veterinari Medicina* 53(9): 469–500.
- Verschuere, Laurent, Geert Rombaut, Patrick Sorgeloos, and Willy Verstraete 2000 Probiotic Bacteria as Biological Control Agents in Aquaculture. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 64(4): 655–671.
- Vidal, Oscar M., Carlssa B. Granja, Fernando Aranguren, James A. Brock, and Marcela Salazar 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(4): 364–372.
- Weng Alemán, Zulia, Raquel de los Ángeles Junco Díaz, Olvido Esther Díaz Rosa, et al. 2005 Conservación Bacteriana Por Método Simple a Temperatura Ambiente: Una Alternativa Viable. *Revista Cubana de Higiene Y Epidemiología* 43(2): 0–0.





Flatfish pathology: the case of turbot *Scophthalmus maximus* L. in Portugal

A. Saraiva^{1,2}

¹ Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Departamento de Biologia, Rua do Campo Alegre, Edifício FC4, 4169-007 Porto, Portugal;

² CIIMAR, Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research, University of Porto, Rua dos Bragas, 289, Porto, Portugal.

E-mail: amsaraiv@fc.up.pt

This article referred to the bacterial and parasitic diseases more common or considered a threat to the turbot intensive culture. Diseases of turbot that were diagnosed in our laboratory are also referred and commented.

The production of flatfish in Portugal has been growing gradually from around 87 tonnes in 1995 to 3,200 tonnes in 2011 (Production from Aquaculture, 2012). Turbot, *Scophthalmus maximus* (= *Psetta maxima*), is the marine flatfish species with highest levels of aquaculture production. This fish is produced intensively in the north and center of Portugal due to the cold water temperature during all year around. In 2012 turbot production attained 4,351 tonnes (Gouveia, 2014). Very recently *Solea senegalensis* has become to be produced in Portugal. It is estimate that this species could attained a production around 350 to 400 tonnes in 2014/15 (Gouveia, 2014).

The intensification of fish farming has caused some concerns on welfare and health of culture fish. In intensive fish cultures bacterial diseases are becoming more frequent and difficult to control, and the parasitic ones pose a serious threat. The bacterial and parasitic diseases that become frequent and cause great impacts in farm turbot in European are referred in table 1 and 2, respectively. In these tables it is also indicated the most common associated symptoms. In our lab several of these pathogens have been reported and we will referred the most important briefly.

Mycobacteriosis is a serious and often lethal disease caused by several species of the genus *Mycobacterium*. These bacteria are Gram positive, acid-fast, non-motile, rod-shape that cause chronic diseases. Some species are zoonotic and can cause lesions in skin, mainly in the hands and especially in immune debilitated individuals (Aubry *et al.*, 2002; Ghittino *et al.*, 2003; Decostere *et al.*, 2004; Streit *et al.*, 2006; Gauthier & Rhodes, 2009; Jacobs *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2012; Seneviratne & Herieka, 2013). This pathogen was reported in our lab in turbots from an intensive farm (Jerónimo *et al.*, 2013). Most of the infected fish



did not present external pathological changes except nodular formations in the fin bases and unilateral or bilateral exophthalmia. After dissections miliary white to greyish nodules were detected in kidney, spleen and occasionally in liver. Histologically these lesions appear as granulomas with a central region of epitheloid cells or necrotic tissue surrounded by mononuclear inflammatory cells, especially lymphocytes. To isolate and identify these bacteria special procedures are needed (Santos *et al.*, 2002; Jerónimo *et al.*, 2013).

Streptococcosis is a very important fish diseases. It is caused by Gram positive, non-motile, spherical or ovoid bacteria from the genera *Streptococcus*, *Lactococcus*, and *Vagococcus* (Seng and Colorni, 2002). *Streptococcus parauberis* infection was isolated from moribund turbot where abnormal mortalities occurred (Ramos *et al.*, 2012). Turbot showed poor appetite and abnormal swimming behaviour. Moribund fish were emaciated and uni or bilateral exophthalmia and haemorrhages in the periorbital tissue were frequently observed. Oedemas were observed in the dorsal region and at the base of the fins. Haemorrhages in the fins, occasionally around the mouth and abdominal petechial were also frequently observed. Internally it was observed pale and friable liver, occasionally hepatomegaly, haemorrhagic and friable kidney and ascites. Histologically *S. parauberis* induced sub-acute to chronic inflammatory reactions. In the skin, bacteria and necrotic tissue were observed. These lesions extending frequently to the muscle beneath the injured skin. In the brain, hyperplasia, hydropic degeneration and large amounts of Gram-positive cocci were detected in the dura-mater of the meninges with an associated infiltration of leucocytes and a high number of bacteria inside mononuclear cells. In heavily infected meninges necrotic tissue was observed.

Scuticociliates (Ciliophora) feed on suspended particulate matter, and, under certain circumstances, can behave as opportunistic histophagous parasites, causing severe infections in marine fish (Alvarez-Pellitero *et al.* 2004, Kim *et al.* 2004) known as scuticociliatosis. In north Portugal high mortalities were observed in turbot due to this ciliate (Ramos *et al.*, 2007). The affected fish showed ventral skin darkening, reddening at the base of the fins, and skin ulcers. Some ulcers spread into muscular tissue, exposing the fin rays. Distension of the abdominal cavity, caused by ascites is frequent. The examination of ascitic fluid under light microscope showed the presence of ciliates. Histological examination of infected fish gills showed hyperplasia and necrosis of the branchial tissue and ciliates in primary and secondary lamellae. Necrosis of skin layers and muscular tissue necrosis (myolysis) were observed. An inflammatory response was never observed. These ciliates, ranging from 30 to 40 µm in length and 18 to 20 µm in width, were elongated and spindle shaped, with a rounded posterior and a tapered anterior end, with a contractile vacuole near the posterior end. A globular macronucleus and a small micronucleus were located in the middle of the body. The characterization of the somatic and oral ciliature are of taxonomic importance.



Although enteromixidiosis has never been diagnosed in our laboratory it is known that it occurred several times in Portugal. The etiological agent is the Myxozoa *Enteromyxum scophthalmi*. This parasite infects turbot digestive tract causing severe enteritis that leads to fish emaciation and finally death. This disease is a real threat to turbot culture (Branson *et al*, 1999; Palenzuela *et al*, 2002).

Acknowledgements

NORTE-07-0124-FEDER-000038), co-financed by the North Portugal Regional Operational Programme (ON.2 – O Novo Norte), under the National Strategic Reference Framework (NSRF), through the European Regional Development Fund (ERDF).

References

- Alsina, M., Blanch, A., 1993. First isolation of *Flexibacter maritimus* from cultivated turbot (*Scophthalmus maximus*). *Bull Eur Ass Fish Pathol* 13, 157-160.
- Alvarez-Pellitero, P., Palenzuela, O., Padros, F., Sitja-Bobadilla, A., Riaza, A., Silva, R., Aran, J., 2004. Histophagous scuticociliatids (Ciliophora) parasitizing turbot *Scophthalmus maximus*: morphology, in vitro culture and virulence. *Folia Parasitol* 51, 177-187.
- Alvarez-Pellitero, P., Quiroga, M.I., Sitja-Bobadilla, A., Redondo, M.J., Palenzuela, O., Padros, F., Vazquez, S., Nieto, J.M., 2004. *Cryptosporidium scophthalmi* n. sp. (Apicomplexa : Cryptosporidiidae) from cultured turbot *Scophthalmus maximus*. Light and electron microscope description and histopathological study. *Dis Aquat Org* 62, 133-145.
- Angulo, L., Lopez, J.E., Vicente, J.A., Saborido, A.M., 1994. Hemorrhagic areas in the mouth of farmed Turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *J. Fish Dis* 17, 163-169.
- Aubry, A., Chosidow, O., Caumes, E., Robert, J.C., E., 2002. Sixty-three cases of *Mycobacterium marinum* infection: clinical features, treatment, and antibiotic susceptibility of causative isolates. *Archives of Internal Medicine* 162, 1746-1752.
- Austin, B., Stobie, M., Robertson, P., Glass, H., Stark, J., Mudarris, M., 1993. *Vibrio alginolyticus*: the cause of gill disease leading to progressive low-level mortalities among juvenile turbot, *Scophthalmus maximus* L., in a Scottish aquarium. *J. Fish Dis* 16, 277-280.
- Bermúdez, R., Losada, A.P., Vázquez, S., Redondo, M.J., Alvarez-Pellitero, P., Quiroga, M.I., 2010. Light and electron microscopic studies on turbot *Psetta maxima* infected with *Enteromyxum scophthalmi*: histopathology of turbot enteromyxosis. *Dis Aquat Org* 89, 209-221.
- Branson, E., Riaza, A., Alvarez Pellitero, P., 1999. Myxosporean infection causing intestinal disease in farmed turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), (Teleostei: Scophthalmidae). *J. Fish Dis* 22, 395-399.



- Castro, N., Toranzo, A., Barja, J., Nunez, S., Magarinos, B., 2006. Characterization of *Edwardsiella tarda* strains isolated from turbot, *Psetta maxima* (L.). *J. Fish Dis* 29, 541-547.
- Cerdàg-Cuèllar, M., Rossello-Mora, R.A., Lalucat, J., Jofre, J., Blanch, A., 1997. *Vibrio scophthalmi* sp. nov., a new species from turbot (*Scophthalmus maximus*). *International journal of systematic bacteriology* 47, 58-61.
- Coscelli, G.A., Bermúdez, R., Silva, A.R.S., de Ocenda, M.V.R., Quiroga, M.I., 2014a. Granulomatous dermatitis in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) associated with natural *Aeromonas salmonicida* subsp *salmonicida* infection. *Aquaculture* 428, 111-116.
- Coscelli, G.A., Bermúdez, R., Losada, A.P., Failde, L.D., Santos, Y., Quiroga, M.I., 2014b. Acute *Aeromonas salmonicida* infection in turbot (*Scophthalmus maximus* L.). Histopathological and immunohistochemical studies. *Aquaculture* 430, 79-85.
- Decostere, A., Hermans, K., Haesebrouck, F., 2004. Piscine mycobacteriosis: a literature review covering the agent and the disease it causes in fish and humans. *Veterinary Microbiology* 99, 159-166.
- Domenech, A., FernandezGarayzabal, J.F., Pascual, C., Garcia, J.A., Cutuli, M.T., Moreno, M.A., Collins, M.D., Dominguez, L., 1996. Streptococcosis in cultured turbot, *Scophthalmus maximus* (L), associated with *Streptococcus parauberis*. *J. Fish Dis* 19, 33-38.
- Dykova, I., Figueras, A., 1994. Histopathological changes in turbot *Scophthalmus maximus* due to a histophagous ciliate. *Dis Aquat Org* 18, 5-9.
- Dykova, I., Figueras, A., Novoa, B., 1995. Amoebic gill infection of turbot, *Scophthalmus maximus*. *Folia Parasitol* 42, 91-96.
- Dyková, I., Figueras, A., Novoa, B., Casal, F., 1998. *Paramoeba* sp., an agent of amoebic gill disease of turbot *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org* 33, 137-141.
- Dyková, I., Figueras, A., Novoa, B., 1999. Epizoic amoebae from the gills of turbot *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org* 38, 33-38
- Estevez, J., Iglesias, R., Leiro, J., Ubeira, F.M., Sanmartin, M.L., 1992. An unusual site of infection by a microsporean in the turbot *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org* 13, 139-142.
- Figueras, A., Novoa, B., Santarem, M., Martinez, E., Alvarez, J.M., Toranzo, A.E., Dykova, I., 1992. *Tetramicra brevifilum*, a potential threat to farmed turbot, *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org* 14, 127-135.
- Fouz, B., Larsen, J., Nielsen, B., Barja, J., Toranzo, A., 1992. Characterization of *Vibrio damsela* strains isolated from turbot *Scophthalmus maximus* in Spain. *Dis Aquat Org* 12, 155-166.
- Gatesoupe, F., Lambert, C., Nicolas, J.-L., 1999. Pathogenicity of *Vibrio splendidus* strains associated with turbot larvae, *Scophthalmus maximus*. *Journal of applied microbiology* 87, 757-763.
- Gauthier, D.T., Rhodes, M.W., 2009. Mycobacteriosis in fishes: A review. *The Veterinary Journal* 180, 33-47.
- Ghittino, C., Latini, M., Agnetti, F., Panziera, C., Lauro, L., Ciappelloni, R., Petracca, G., 2003. Emerging pathologies in aquaculture: Effects on production and food safety. *Vet Res Commun* 27, 471-479.
- Gouveia, A., 2014. Production of farmed turbot and senegalense sole in Portugal. *International Aqua Feed Incorporating Fish Farm Technology* 17, 24-26.
- Iglesias, R., Parama, A., Alvarez, M.F., Leiro, J., Fernandez, J., Sammartin, M.L., 2001. *Philasterides dicentrarchi* (Ciliophora, Scuticociliatida) as the causative agent of



- scuticociliatosis in farmed turbot *Scophthalmus maximus* in Galicia (NW Spain). *Dis Aquat Org* 46, 47-55.
- Jacobs, J.M., Stine, C.B., Baya, A.M., Kent, M.L., 2009. A review of mycobacteriosis in marine fish. *J. Fish Dis* 32, 119-130.
- Jeronimo, D., Barbosa, A., Ramos, M., Marques, J., Moreira, M.H., Sousa, J.A., Cruz, C., Saraiva, A., 2013. Granulomas Caused by *Mycobacterium* sp. in farmed turbot *Scophthalmus maximus* (Linnaeus, 1758). *Mediterranean Marine Science* 14, 424-431.
- Kim, S.M., Cho, J.B., Kim, S.K., Nam, Y.K., Kim, K.H., 2004. Occurrence of scuticociliatosis in olive flounder *Paralichthys olivaceus* by *Phiasterides dicentrarchi* (Ciliophora: Scuticociliatida). *Dis Aquat Org* 62, 233-238.
- Larsen, J.L., Pedersen, K., 1995. Atypical *Aeromonas salmonicida* isolated from diseased turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Acta Veterinaria Scandinavica* 37, 139-146.
- Leiro, J., Iglesias, R., Ubeira, F.M., Sanmartin, M.L., 2001. Non-isotopic detection of *Tetramicra brevifilum* (Microspora) DNA in turbot tissues. *J Parasitol* 87, 1488-1490.
- Leiro, J., Paniagua, E., Ortega, M., Paramá, A., Fernández, J., Sanmartin, M., 1998. An amoeba associated with gill disease in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *J Fish Dis* 21, 281-288.
- Montes, M., Farto, R., Perez, M.J., Nieto, T.P., Larsen, J.L., Christensen, H., 2003. Characterization of *Vibrio* strains isolated from turbot (*Scophthalmus maximus*) culture by phenotypic analysis, ribotyping and 16S rRNA gene sequence comparison. *Journal of Applied Microbiology* 95, 693-703.
- Myhr, E., Larsen, J., Lillehaug, A., Gudding, R., Heum, M., Håstein, T., 1991. Characterization of *Vibrio anguillarum* and closely related species isolated from farmed fish in Norway. *Applied and environmental microbiology* 57, 2750-2757.
- Najimi, M., Lemos, M.L., Osorio, C.R., 2008. Distribution of small plasmids in *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* strains isolated from NW Spain and Portugal: evidence of clonality in strains isolated from turbot, *Psetta maxima* (L.). *J Fish Dis* 31, 469-472.
- Novoa, B., Nunez, S., Fernandez Puentes, C., Figueras, A.J., Toranzo, A.E., 1992. Epizootic study in a turbot farm: Bacteriology, virology, parasitology and histology. In: Banning, P.v. (Ed.), Pamaq IV: Fourth International Colloquium on Pathology in Marine Aquaculture. pp. 253-258.
- Padros, F., Zarza, C., Dopazo, L., Cuadrado, M., Crespo, S., 2006. Pathology of *Edwardsiella tarda* infection in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *J Fish Dis* 29, 87-94.
- Palenzuela, O., Redondo, M.J., Alvarez-Pellitero, P., 2002. Description of *Enteromyxum scophthalmi* gen. nov., sp nov (Myxozoa), an intestinal parasite of turbot (*Scophthalmus maximus* L.) using morphological and ribosomal RNA sequence data. *Parasitology* 124, 369-379.
- Paniagua, E., Parama, A., Iglesias, R., Sanmartin, M.L., Leiro, J., 2001. Effects of bacteria on the growth of an amoeba infecting the gills of turbot. *Dis Aquat Org* 45, 73-76.
- Pedersen, K., Kofod, H., Dalsgaard, I., Larsen, J.L., 1994. Isolation of oxidase-negative *Aeromonas salmonicida* from diseased turbot *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org* 18, 149-154.
- Piñero-Vidal, M., Centeno-Sestelo, G., Riaza, A., Santos, Y., 2007. Isolation of pathogenic *Tenacibaculum maritimum*- related organisms from diseased turbot and sole cultured in the Northwest of Spain. *Bull Eur Ass Fish Pathol* 27, 29 - 35.



- Piñeiro-Vidal, M., Riaza, A., Santos, Y., 2008. *Tenacibaculum discolor* sp nov and *Tenacibaculum gallaicum* sp nov., isolated from sole (*Solea senegalensis*) and turbot (*Psetta maxima*) culture systems. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 58, 21-25.
- Production from Aquaculture, 2012 <http://pt.knoema.com/search?query=flatfish%20aquaculture%20Portugal>, assessed in February, 2015).
- Puentes, C.F., Novoa, B., Nunez, S., Figueras, A.J., Toranzo, A.E., 1991. The turbot diseases in a Galician farm (Spain): One year study, *Aquaculture and the Environment*. pp. 97-98.
- Ramos, M.F., Costa, A.R., Barandela, T., Saraiva, A., Rodrigues, P.N., 2007. Scuticociliate infection and pathology in cultured turbot *Scophthalmus maximus* from the north of Portugal. *Dis Aquat Org* 74, 249-253.
- Ramos, M.F., Marques, J.F., Neves, J.V., Barandela, T., Sousa, J.A., Saraiva, A., Rodrigues, P.N., 2012. *Streptococcus parauberis* Infection in turbot *Scophthalmus maximus* in Northern Portugal. *Fish Pathol* 47, 80-82.
- Ramos, P., Oliveira, J.M., 2001. Amyloodinosis in turbot, *Psetta maxima* (L.). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias* 96, 201-205.
- Santos, N.M.S., Vale, A., Sousa, M.J., Silva, M.T., 2002. *Mycobacterium* infection in farmed turbot *Scophthalmus maximus*. *Dis Aquat Org* 52, 87-91.
- Saraiva, A., Jeronimo, D., Cruz, C., 2011. *Amyloodinium ocellatum* (Chromalveolata: Dinoflagellata) in farmed turbot. *Aquaculture* 320, 34-36.
- Seneviratne, K., Herieka, E., 2013. A rifampicin-resistant *Mycobacterium marinum* infection in a newly diagnosed HIV-1 individual. *International Journal of Std & Aids* 24, 75-77.
- Seng, L.T., Colomi, A., 2002. Infectious Diseases of Warmwater Fish in Marine and Brackish Waters. In: Woo, P.T.K., Bruno, D.W., Lim, L.H.S. (Eds.), *Diseases and Disorders on Finfish in Cage Culture*. CABI Publishing, New York, pp. 193 - 230.
- Sterud, E., Hansen, M.K., Mo, T.A., 2000. Systemic infection with *Uronema*-like ciliates in farmed turbot, *Scophthalmus maximus* (L.). *J Fish Dis* 23, 33-37.
- Streit, M., Bohlen, L.M., Hunziker, T., Zimmerli, S., Tschärner, G.G., Nievergelt, H., Bodmer, T., Braathen, L.R., 2006. Disseminated *Mycobacterium marinum* infection with extensive cutaneous eruption and bacteremia in an immunocompromised patient. *European Journal of Dermatology* 16, 79-83.
- Toranzo, A., Devesa, S., Heinen, P., Riaza, A., Nunez, S., Barja, J., 1994. Streptococcosis in cultured turbot caused by an *Enterococcus*-like bacterium. *Bull Eur Ass Fish Pathol* 14, 19-23.
- Toranzo, A., Novoa, B., Romalde, J., Núñez, S., Devesa, S., Marino, E., Silva, R., Martínez, E., Figueras, A., Barja, J., 1993. Microflora associated with healthy and diseased turbot (*Scophthalmus maximus*) from three farms in northwest Spain. *Aquaculture* 114, 189-202.
- Wu, T.S., Chiu, C.H., Yang, C.H., Leu, H.S., Huang, C.T., Chen, Y.C., Wu, T.L., Chang, P.Y., Su, L.H., Kuo, A.J., Chia, J.H., Lu, C.C., Lai, H.C., 2012. Fish Tank Granuloma Caused by *Mycobacterium marinum*. *Plos One* 7, 1-7.
- Vigneulle, M., Laurencin, F.B., 1995. *Serratia liquefaciens*: a case report in turbot (*Scophthalmus maximus*) cultured in floating cages in France. *Aquaculture* 132, 121-124.
- Villamil, L., Figueras, A., Toranzo, A., Planas, M., Novoa, B., 2003. Isolation of a highly pathogenic *Vibrio pelagius* strain associated with mass mortalities of turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), larvae. *J Fish Dis* 26, 293-303.



Table 1. Bacterial diseases that cause great impacts in farm turbot in European and the most common associated symptoms.

| Bacteria | Common symptoms | References |
|---|--|---|
| <i>Aeromonas salmonicida</i> | Lethargy; furuncle with a white centre and hemorrhagic border (2 a 4 mm Ø); ulcers | Pedersen <i>et al.</i> , 1994; Larsen & Pedersen, 1996; Najimi <i>et al.</i> , 2008; Coscelli <i>et al.</i> , 2014a, 2014b |
| <i>Vibrio</i> spp. | Variable (fin rot; haemorrhagic mouth; abdominal distention; bloody fluid in peritoneal cavity; intestinal mucosae desquamation) | Myhr <i>et al.</i> , 1991; Puentes <i>et al.</i> , 1991; Austin <i>et al.</i> , 1993; Toranzo <i>et al.</i> , 1993; Angulo <i>et al.</i> , 1994; Cerdà-Cuéllar <i>et al.</i> , 1997; Gatesoupe <i>et al.</i> , 1999; Montes <i>et al.</i> , 2003; Villamil <i>et al.</i> , 2003 |
| <i>Photobacterium damsela</i> (= <i>Vibrio damsela</i>) | Eyes, buccal and perianal haemorrhages; bloody ascites | Fouz <i>et al.</i> , 1992 |
| <i>Edwardsiella tarda</i> | Exophthalmia; haemorrhages; ascites; granulomas in kidney and spleen | Castro <i>et al.</i> , 2006; Padrós <i>et al.</i> , 2006 |
| <i>Serratia liquefaciens</i> | Kidney and spleen hypertrophic, with yellow nodules and with focal liquefactive necrosis | Vigneulle & Laurencin, 1995 |
| <i>Tenacibaculum maritimum</i> (= <i>Flexibacter maritimus</i>) | Eroded mouths; fin rot; skin lesions including ulcers and in severe cases erosion down to the skull | Alsina & Blanch, 1993; Piñero-Vidal <i>et al.</i> , 2007, 2008 |
| <i>Streptococcus parauberis</i> | Fin haemorrhages; abdominal petechiae; uni or bilateral exophthalmia; hepatomegaly; kidney and spleen congestion; ascites | Toranzo <i>et al.</i> , 1994; Domenech <i>et al.</i> , 1996; Ramos <i>et al.</i> , 2012 |
| <i>Mycobacterium marinum</i> <i>Mycobacterium chelonae</i> | Erratic swimming; lethargy; anorexia; exophthalmia; abdominal distention; granulomas in kidney, spleen and sometimes also in liver and digestive tract | Santos <i>et al.</i> , 2002; Jerónimo <i>et al.</i> , 2013 |



Table 2. Parasite diseases that cause great impacts in farm turbot in European and the most common associated symptoms.

| Parasite | Common symptoms | References |
|--|---|---|
| <i>Amyloodinium ocellatum</i> | Gill hyperplasia; fusion of secondary gill lamellae; epithelial cells necrosis and mucous cells depletion. Integument colour change (depigmentation/hyperpigmentation); fin congestion and erosion; mucus hypersecretion | Ramos & Oliveira, 2001; Saraiva <i>et al.</i> , 2011; |
| <i>Cryptosporidium scophthalmi</i> | Distension of intestinal epithelial cells by large vacuoles with oocytes | Alvarez-Pellitero <i>et al.</i> , 2004 |
| Scuticociliatida <i>(Philasterides, Miamiensis, Urunema)</i> | Dystrophic changes; necrosis of several organ tissues (gills, skin; muscle, connective and nervous tissues...) | Dykova and Figueras, 1994; Sterud <i>et al.</i> , 2000; Iglesias <i>et al.</i> , 2001; Alvarez-Pellitero <i>et al.</i> , 2004; Ramos <i>et al.</i> , 2007 |
| Amoeba <i>(Paramoeba, Platyamoeba, Vanella, Flabellula)</i> | Hypertrophy and hyperplasia of gill secondary lamellae epithelium with lamellar fusion and formation of cavities between lamellae containing amoeba | Dykova <i>et al.</i> , 1995, 1998 and 1999; Leiro <i>et al.</i> , 1998; Paniagua <i>et al.</i> , 2001; |
| <i>Tetramicra brevifilum</i> | Miodegeneration; xenoma in several internal organs (kidney, liver, spleen and intestine) | Estevez <i>et al.</i> , 1992; Figueras <i>et al.</i> , 1992; Novoa <i>et al.</i> , 1992; Leiro <i>et al.</i> , 2001 |
| <i>Enteromyxum scophthalmi</i> | Anorexia, sunken eyes. Severe enteritis | Branson <i>et al.</i> , 1999; Palenzuela <i>et al.</i> , 2002; Bermudez <i>et al.</i> , 2010 |



Diversidad de copépodos parásitos en peces marinos de Ecuador

Santana-Piñeros A.M.¹, Caña-Bozada V.¹, Mera-Loor G. ¹, Loor-Andrade P. ¹, Morales-Serna F.N. ².

¹Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

²Cátedras CONACyT, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental, Av. Sábalo Cerritos s/n, 82010, Mazatlán, Sinaloa, México.

E-mail: anasantana4@gmail.com

Resumen

Los copépodos parásitos son comunes en peces marinos, tanto en ecosistemas naturales como en cultivo. Ecuador desea convertirse en un importante productor acuícola en América del Sur, por lo que en los últimos años ha invertido en el conocimiento y desarrollo de este sector. Un paso crucial para el desarrollo de la acuicultura o maricultura es la prevención de patógenos, razón por la cual el conocimiento de los parásitos que afectan a las especies silvestres en las zonas de desarrollo acuícola es prioritario. En ese sentido, el objetivo principal de esta investigación fue identificar las especies de copépodos parásitos de peces marinos silvestres de importancia económica en Ecuador y determinar sus niveles de infección. Entre junio de 2013 y mayo de 2014 se realizaron muestreos mensuales de varias especies de peces comercializadas en los desembarques artesanales de Jaramijó y Santa Rosa. Todos los peces fueron identificados taxonómicamente y fueron revisados externamente en busca de copépodos parásitos. Los copépodos observados fueron fijados y preservados en alcohol 96%, identificados hasta el nivel taxonómico más bajo mediante el uso de claves taxonómicas. Para cada especie de copépodo se calculó la prevalencia y abundancia promedio por especie de hospedero. Un total de 629 peces pertenecientes a 69 especies fueron revisados. El 59,4% (41) de las especies de peces estuvieron parasitadas con al menos una especie de copépodo. Se identificaron 55 especies de copépodos, de las cuales los géneros *Caligus*, *Hatschekia* y *Bomolochus* presentaron el mayor número de especies. Los copépodos con mayores prevalencias fueron *Hatschekia* sp.4 (94,11%),



Lernanthropus sp.2 (58,10%) y *Caligus asperimanus* (47,82%) parasitando a *Epinephelus labriformis*, *Haemulon steindachneri* y *Lutjanus argentiventris*, respectivamente. En general las especies de copépodos identificadas en este estudio mostraron una alta especificidad de hospedero, a excepción de *Caligus mutabilis* y *C. rufimaculatus* que parasitaron a 5 especies de hospederos cada una. Se observó una alta diversidad de especies de copépodos parásitos que podrían representar un riesgo sanitario para sistemas acuícolas, fundamentalmente en las especies de hospederos con mayor potencial para acuicultura.

Palabras clave

Crustáceos parásitos, peces marinos, taxonomía, acuicultura, Pacífico ecuatoriano.

Introducción

La acuicultura ecuatoriana se ha basado principalmente en el monocultivo de camarón, cuya producción ha sido afectada por el evento oceanográfico “El Niño” y por enfermedades epizoóticas como síndrome de la Gaviota (1986-1990), síndrome de Taura (1992) y síndrome de la Mancha Blanca (1999), que han provocado un decaimiento sustancial de la industria camaronera (Sinche *et al.*, 2009). A partir de estos acontecimientos el sector privado ha comenzado a incursionar en el cultivo de peces marinos tales como los lenguados, robalo, huayaipe, pámpano, pargo, lisa, mojarra, teniente o roncador y peces ornamentales (Sinche *et al.*, 2009). Es claro que para la acuicultura uno de los principales problemas es la aparición de enfermedades infectocontagiosas, las cuales provocan, además de mortandad y pérdidas económicas millonarias, desempleo y limitación del comercio (OIE, 2010). Para el cultivo de peces marinos en jaulas, la presencia de ectoparásitos con ciclos de vida directos suelen representar una amenaza, ya que la agregación y estrés de los organismos cultivados facilitan la propagación de las infecciones (Nowak, 2007).

Dentro de los diferentes grupos de ectoparásitos de peces, los copépodos son uno de los más comunes tanto en ecosistemas naturales como de cultivo (Johnson *et al.*, 2004). Muchas especies de copépodos pueden afectar de manera directa el crecimiento, la fecundidad y la sobrevivencia de sus hospederos (Johnson *et al.*, 1996), también pueden tener un efecto indirecto al desarrollar una predisposición a enfermedades infecciosas tales como necrosis del páncreas, enfermedades bacterianas o septicemia ocasionada por *Rickettsia* (Hamilton-West *et al.*, 2012). El daño que los copépodos parásitos causan a los peces es casi imperceptible en condiciones naturales. Sin embargo, los peces cultivados en jaulas pueden llegar a ser afectados seriamente por estos parásitos. Generalmente, los peces silvestres



que circundan cerca a los sistemas de cultivos son vistos como fuentes de ectoparásitos (Catalano y Hutson, 2010). En estos ambientes, se ha observado que la transmisión de ectoparásitos se da en dos sentidos, de peces silvestres a peces cultivados y viceversa (Morton *et al.*, 2008; Frazer, 2009). De esta manera las intensidades altas de ectoparásitos desarrolladas en los sistemas de cultivo, además de dañar a los peces cultivados, también pueden llegar a afectar a las poblaciones de peces silvestres. Por tal razón, ante el incremento del cultivo de peces marinos en jaulas flotantes previsto para el Ecuador, es necesario tener un mejor conocimiento de la diversidad y la biología de parásitos de peces de esta región, lo cual permitiría contribuir a la planeación de estrategias para la prevención de posibles epizootias.

A pesar de que Ecuador es un país megadiverso, con gran cantidad de recursos marinos y potencial para la acuicultura, hasta ahora sólo se conoce menos del 10% de la fauna parásita (Luque y Poulin, 2007). El registro de especies de copépodos infectando peces marinos de Ecuador no es muy extenso. Particularmente en las provincias de Manabí y Guayas, Cressey y Collete (1970) registraron los copépodos *Bomolochus constrictus* (Cressey y Collette, 1970), *Bomolochus ensiculus* (Cressey, en Cressey y Collette, 1970) y *Lernanthropus belones* Krøyer, 1863 encontrados en *Ablennes hians* (Valenciennes, 1846), *Strongylura exilis* (Girard, 1854) y *Strongylura scapularis* (Jordan y Gilbert, 1882), respectivamente. El-Rashidy y Boxshall (2002) registraron a *Ergasilus ecuadorensis* en las lisas *Mugil curema* Valenciennes, 1836 y *M. hospes* Jordan y Culver, 1895. Con el fin de conocer mejor la biodiversidad y detectar especies potencialmente patogénicas, en el año 2013 iniciamos un estudio sobre la ocurrencia de copépodos parásitos de peces en aguas costeras de Jaramijó, Provincia de Manabí. Esta área geográfica es de particular interés dado su potencial para el establecimiento de jaulas para el cultivo de peces. Paralelamente, hemos extendido nuestro estudio hacia peces de Santa Rosa en la Provincia de Santa Elena. Nuestros primeros resultados revelaron una diversidad importante de copépodos de la familia Caligidae, registrándose hasta ahora 22 especies de *Caligus* y 5 de *Lepeophtheirus* en peces de Jaramijó (Morales-Serna *et al.*, 2015). No obstante, reconocemos que aún hay un número importante de especies de copépodos parásitos por conocer. En el presente trabajo se presentan resultados preliminares de la riqueza de especies de las familias de copépodos parásitos Bomolochidae, Chondracanthidae, Hatschekiidae, Lernaepidae, Lernanthropidae, Penellidae y Pseudocycnidae y se discute las posibles implicaciones de esta riqueza para la acuicultura.

Materiales y métodos

La zona de estudio se localiza en la región centro oeste del Ecuador en las provincias de Manabí y Santa Elena. Los peces, procedentes de la pesca artesanal, fueron colectados mensualmente en los mercados del Cantón de



Jaramijó (0° 55' 31" S y 80° 29' 16" O), sin embargo se incluyen dos muestreos en la Parroquia de Santa Rosa perteneciente al Cantón de Salinas (2°12'50.63"S - 80°56'38.66"O). Los muestreos se realizaron mensualmente de junio de 2013 a mayo de 2014 en el desembarcadero de pesca artesanal de Jaramijó y de julio a agosto de 2013 en el desembarcadero de Santa Rosa. Los peces se guardaron en bolsas individuales para ser transportadas en neveras con hielo al laboratorio de Ciencias Marinas del Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), donde fueron identificados taxonómicamente hasta nivel de especie y se les registró la longitud total (cm). La identificación taxonómica de los peces se realizó utilizando la guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca del Pacífico centro-oriental, volúmenes II y III (Fisher *et al.*, 1995). Y basado en esta bibliografía se identificó el modo de vida, preferencia de hábitat, importancia comercial y si existe tecnología de cultivo disponible o en estudio para cada una de las especies.

Los peces fueron revisados en la superficie corporal, boca, ojos, aletas, cavidad del opérculo y branquias en búsqueda de copépodos parásitos. En el caso de las aletas, ojos y branquias, fueron colocados en cajas Petri con alcohol al 30% para su posterior observación al microscopio estereoscópico. Los copépodos parásitos observados fueron cuantificados, limpiados, fijados y preservados en alcohol 96% en tubos eppendorf de 2 ml. Para la identificación taxonómica, los copépodos fueron aclarados en soluciones graduales de 1:10, 1:5 y 1:2 de la mezcla glicerina-agua (Vidal-Martínez *et al.*, 2002). Para la identificación de los organismos hasta el nivel taxonómico más bajo posible, los parásitos se observaron al microscopio óptico y se hicieron dibujos de las estructuras morfológicas usando una cámara clara de marca Olympus. Las claves que se usaron fueron Kabata (1979), Boxshall y Halsey (2004) y literatura específica por especie, género o familia de copépodo. Para cada especie de parásito se determinaron los índices parasitarios prevalencia y abundancia media de acuerdo con las definiciones de Bush *et al.* (1997).

Resultados

El número de peces revisados en búsqueda de copépodos en las dos localidades fue de 629, los cuales pertenecían a 69 especies marinas, distribuidas en 54 géneros, 26 familias y 10 órdenes taxonómicos. Los peces muestreados mostraron una alta diversidad de estrategias ecológicas (Fig. 1) predominando los bentónicos (48%) y neríticos (45%) (Fig. 1a), que habitan diferentes hábitats como arrecifes coralinos o rocosos (42%) y zonas estuarinas o franjas costeras (42%) (Fig. 1b). El 37% de las especies revisadas están clasificadas como recursos económicos importantes para Ecuador (Fig. 1c); como es el caso de los pelágicos mayores (*Coryphaena hippurus*, *Katsuwonus pelamis* y *Scomberomorus sierra*) y las especies de tipo A como los pargos (*Lutjanus* spp.)



y meros (*Epinephelus* spp.). El otro 67% corresponden a especies no tradicionales en el mercado (Fig. 1c) pero con posibilidades de exportación o aprovechamiento en el futuro, este es el caso de algunos haemulidos (*Haemulon* spp.), carangidos (*Oligoplites* spp.) y meros (*Serranus* spp. y *Scorpaena* spp.). Del total de especies revisadas ninguna cuenta con tecnología acuícola, sin embargo, el 13% se encuentran en estudio (Fig. 1d). Por ejemplo, existen cultivos a escala piloto de *Seriola rivoliana* y algunas especies del género *Lutjanus* en Ecuador, pero es importante mencionar que dentro del 87% que aún no se cultiva (Fig. 1d), existen especies con un gran potencial para el desarrollo de la maricultura como las especies de la familia Serranidae.

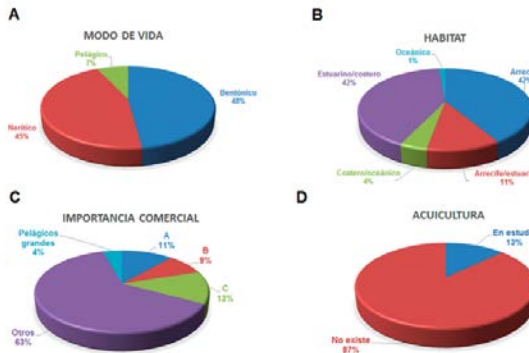


Figura 1. Características ecológicas y económicas de los peces marinos colectados para la búsqueda de copépodos parásitos. A. Modo de vida; B. Hábitat; C. Importancia comercial de la especie; D. Desarrollo de la tecnología acuícola.

De las 69 especies de peces revisados, el 59% (41) estuvieron parasitadas con al menos una especie de copépodo. El número total de copépodos colectados fue de 66.681 individuos, agrupados en 55 especies, incluidas en 11 géneros, 8 familias y 2 órdenes taxonómicos (Tabla I). En la tabla II se muestra el listado taxonómico de las especies de peces revisadas con tamaños de muestra mayores a 5 individuos y sus copépodos parásitos.

Tabla I. Clasificación taxonómica de copépodos parásitos presentes en peces marinos de importancia económica de Jaramijó y Santa Rosa.

| Orden taxonómico | Familia | Número de especies |
|-------------------|------------------------------|--------------------|
| Cyclopoida | Bomolochidae Sumpf, 1871 | 9 |
| | Chondracanthidae Milne, 1840 | 2 |
| Siphonostomatoida | Caligidae Burmeister, 1835 | 29 |
| | Hatschekiidae Kabata, 1979 | 6 |
| | Lernaeopidae Milne, 1840 | 2 |
| | Lernanthropidae Kabata, 1979 | 4 |
| | Penellidae Burmeister, 1835 | 2 |
| | Pseudocycnidae Wilson, 1919 | 1 |
| TOTAL | 8 | 60 |



Discusión

El presente estudio muestra que existe una alta diversidad de especies de copépodos parasitando peces marinos que habitan aguas de Ecuador. Probablemente la alta diversidad de especies de copépodos parásitos puede estar asociada a la diversidad de peces que habitan en la zona y la alta diversidad de ecosistemas marino-costeros de Ecuador. Cruz *et al.* (2003) mencionan que el grupo de organismos marinos más diverso en las costas ecuatorianas es el de los peces, en especial los pertenecientes al orden Perciforme. Gabor (2002) menciona que Ecuador posee una alta diversidad de ecosistemas marino-costero, siendo los más típicos las playas arenosas, estuarios marinos, lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes coralinos. Los resultados de esta investigación sugieren que la diversidad de las especies de parásitos en sitios considerados “hotspots” (alta diversidad ecológica) es alta, cumpliéndose el mismo patrón observado en plantas y animales. La alta diversidad observada brinda información nueva para esta región, donde algunos autores como Luque y Poulin (2007) mencionan que la diversidad de especies de parásitos en peces de sitios con alta diversidad ecológica, como Ecuador, es desconocida.

La familia de copépodos con mayor número de especies fue Caligidae. Un análisis más detallado de cada una de estas especies de caligidos puede verse en Morales-Serna *et al.* (2015). Varias investigaciones han demostrado que la familia Caligidae, especialmente el género *Caligus*, es comúnmente registrado en peces marinos de aguas tropicales (Ho y Lin 2004; Johnson *et al.* 2004). Sin embargo, un punto importante es que esta alta diversidad implica un riesgo elevado para el establecimiento de la industria acuícola en Ecuador. Diferentes miembros de la familia Caligidae han sido responsables de pérdidas económicas en la industria acuícola, ocasionando enfermedad y altas mortalidades en cultivos intensivos o semi-intensivos de peces marinos o dulceacuícolas (Johnson *et al.* 1996). Uno de los casos más conocidos ocurre en Chile, donde *Caligus rogercresseyi* ha impactado fuertemente la producción de salmónidos (Boxshall y Bravo 2000; Bravo *et al.* 2012). En este sentido, se recomienda tener en cuenta las posibles infecciones por caligidos en los planes de cultivo de peces marinos en Ecuador.

La prevalencia de las especies de parásitos mostró una alta variabilidad. Especies como *Caligus coryphaenae* (0,21%), *C. belones* (0,42%) o *Lernaeenicus* sp. (0,21%) mostraron prevalencias muy bajas. Sin embargo, prevalencias superiores al 10% en hábitats naturales son consideradas altas y el riesgo puede variar dependiendo del patógeno. En ese sentido, especies como *Hatschekia* sp.4 (94,11%), *Hatschekia* sp.2 (78,60%), *Caligus bonito* (79,87%), que mostraron prevalencias elevadas podrían implicar un riesgo alto para el desarrollo de la acuicultura.



Tabla II. Especies de peces marinos de importancia económica en Jaramijó y Santa Rosa, Ecuador con las especies de copépodos parásitos identificadas. Para cada especie de copépodo se presenta la prevalencia (P) y la abundancia media (AM) ± D.E. (desviación estándar). J: Pesca artesanal de Jaramijó; SR: pesca artesanal de Santa Rosa.

| Orden | Familia | Especie de hospedero | n | Especie de copépodo | P% | AM | | | | | | |
|-------------|------------|--|---|---|--|---------------------------|---|---|---|---------------------------------------|-------|-----------|
| Perciformes | Serranidae | <i>JDiplectrum maximum</i> Hildebrand, 1946 | 5 | <i>Chondracanthus</i> sp. | 20 | 0,2±0,44 | | | | | | |
| | | | 17 | <i>Hatschekia</i> sp.4 <i>Caligus mutabilis</i> Wilson, 1905 | 94,11 6 | 13,70±15,16 0,06±0,24 | | | | | | |
| | | <i>JHemanthias signifer</i> (Garman, 1899) | 5 | <i>Bomolochus</i> sp.4 | 40 | 1,2±2,16 | | | | | | |
| | | | <i>JParalabrax callaensis</i> Starks, 1906 | 5 | <i>Bomolochus</i> sp.1 <i>Hatschekia</i> sp.1 <i>Caligus mutabilis</i> Wilson, 1905 <i>Caligus</i> sp.4 | 20 80 20 20 | 0,2±0,44 45±48,74 0,2±0,44 0,2±0,44 | | | | | |
| | | <i>JParanthias colonus</i> (Valenciennes, 1846) | | 14 | <i>Hatschekia</i> sp.2 <i>Lernanthropus</i> sp.2 | 78,60 14,28 | 11,78±10,31 0,57±1,45 | | | | | |
| | | | | 9 | <i>Hatschekia</i> sp.5 | 88,90 | 16,22±18,57 | | | | | |
| | | Malacanthidae | | <i>JCaulolatilus affinis</i> Gill, 1865 | | | | | | | | |
| | | Coryphaenidae | <i>JRCoryphaena hippurus</i> Linnaeus, 1758 | 12 | <i>Charopinopsis quaternia</i> (Wilson, 1935) <i>Caligus bonito</i> Wilson, 1905 | 25 16 | 0,5±1 0,16±0,39 | | | | | |
| | | | | Carangidae | <i>JCaranx caballus</i> Günther, 1868 | 61 | <i>Caligus confusus</i> Pillai, 1961 <i>Caligus hoplognathi</i> Yamaguti y Yamasu, 1959 <i>Caligus robustus</i> Bassett-Smith, 1898 <i>Caligus rufimaculatus</i> Wilson, 1905 <i>Caligus aesopus</i> Wilson, 1921 | 3,27 1,63 3,28 1,63 25 | 0,03±0,13 0,01±0,13 0,03±0,18 0,01±0,13 0,58±1,44 | | | |
| | | Lutjanidae | <i>JLutjanus argentiventris</i> (Peters, 1869) | | | 46 | <i>Caligus asperimanus</i> Pearse, 1951 <i>Caligus diaphanus</i> Nordmann, 1832 <i>Caligus latigenitalis</i> Shiino, 1954 <i>Caligus rufimaculatus</i> Wilson, 1905 <i>Caligus schistonyx</i> Wilson, 1905 <i>Caligus</i> sp.1 <i>Caligus</i> sp.2 <i>Caligus</i> sp.3 <i>Caligus</i> sp.5 <i>Lepeophtheirus</i> sp.1 <i>Lernanthropus tylosuri</i> Richiardi, 1880 | 47,82 34,72 6,38 6,38 2,17 2,17 6,52 2,17 2,17 2,17 2,17 2,17 | 0,93±1,34 0,76±1,35 0,08±0,35 0,06±0,25 0,02±0,14 0,04±0,29 0,06±0,25 0,02±0,14 0,02±0,14 0,02±0,14 0,02±0,14 | | | |
| | | | | | | <i>JLutjanus guttatus</i> | 26 | <i>Caligus asperimanus</i> Pearse, 1951 <i>Caligus diaphanus</i> Nordmann, 1832 <i>Caligus</i> sp.3 | 3,85 3,85 3,85 | 0,04±0,19 0,04±0,19 0,04±0,19 | | |
| | | | | | | | Gerridae | <i>JEucinostomus entomelas</i> Zahuranec, 1980 | 6 | <i>Caligus mutabilis</i> Wilson, 1905 | 33,33 | 0,33±0,52 |
| | | | | | | | Gerridae | <i>JEucinostomus gracilis</i> (Gill, 1862) | 7 | <i>Holobomolochus</i> sp.1 | 14,28 | 0,14±0,38 |
| | | | | Haemulidae | <i>JHaemulon flaviguttatum</i> (Gill, 1862) | 17 | <i>Lernanthropus</i> sp.2 | 5,88 | 0,06±0,24 | | | |



Tabla II. Continuación...

| Orden | Familia | Especie de hospedero | n | Especie de copépodo | P% | AM |
|---|--|---|--|--|------------------------|-----------|
| Perciformes | Haemulidae | <i>JHaemulon steindachneri</i> (Jordan y Gilbert, 1882) | 105 | <i>Caligus asperimanus</i> Pearse, 1951 | 1,90 | 0,02±0,14 |
| | | | | <i>Caligus rufimaculatus</i> Wilson, 1905 | 0,95 | 0,01±0,09 |
| | | <i>JHaemulopsis axillaris</i> (Steindachner, 1869) | 8 | <i>Metapeniculus haemuloni</i> (Alexander, 1983) | 12,5 | 0,12±0,35 |
| | | | | <i>Caligus mutabilis</i> Wilson, 1905 | 12,5 | 0,12±0,35 |
| | | | | <i>Lernanthropus</i> sp.2 | 12,5 | 0,25±0,35 |
| | | | | <i>Lernanthropus</i> sp.4 | 12,5 | 0,25±0,35 |
| | | <i>JOrthopristis chalcus</i> (Günther, 1864) | 39 | <i>Metapeniculus haemuloni</i> (Alexander, 1983) | 2,56 | 0,08±0,48 |
| | | | | <i>Lepeophtheirus parvus</i> Wilson, 1908 | 2,56 | 0,02±0,16 |
| | | <i>JPomadasy panamensis</i> (Steindachner, 1876) | 8 | <i>Lernanthropus</i> sp.2 | 37,5 | 0,62±0,92 |
| | | | | <i>JXenichthys xanti</i> Gill, 1863 | <i>Bomolochus</i> sp.6 | 35,29 |
| Pennellidae gen. sp. | | | | | 23,53 | 0,29±0,58 |
| <i>Caligus rufimaculatus</i> Wilson, 1905 | | | | | 11,76 | 0,12±0,33 |
| | | 17 | <i>Caligus cf. sepeitbensis</i> Luque y Takemoto, 1996 | 17,65 | 0,18±0,39 | |
| | | | <i>Lernanthropus</i> sp.2 | 5,88 | 0,18±0,48 | |
| | | | <i>Caligus cf. sepeitbensis</i> Luque y Takemoto, 1996 | 42,86 | 0,43±0,53 | |
| Polynemidae | <i>JPolydactylus approximans</i> (Lay y Bennett, 1839) | 7 | | | | |
| Labridae | <i>JBodianus diplotaenia</i> | 4 | <i>Hatschekia</i> sp.3 | 75 | 128 ±179,98 | |
| | | | <i>Lepeophtheirus dissimulatus</i> Wilson, 1905 | 25 | 0,25±0,5 | |
| Scorpaeniformes | Triglidae | <i>JPrionotus stephanophrys</i> Lockington, 1881 | 51 | <i>Bomolochus</i> sp.5 | 1,96 | 0,02±0,14 |
| | | | | <i>Blias prionoti</i> Krøyer, 1863 | 9,80 | 0,09±0,30 |
| | | | | <i>Neobrachiella</i> sp. | 3,92 | 0,04±0,19 |
| | | | | <i>Caligus</i> sp.6 | 1,96 | 0,02±0,14 |
| | | | | <i>Lepeophtheirus dissimulatus</i> Wilson, 1905 | 1,96 | 0,02±0,14 |
| | | | | <i>Lepeophtheirus</i> sp.2 | 1,96 | 0,02±0,14 |

Algunas especies de copépodos (generalistas) estuvieron presentes en diferentes especies de hospederos mientras que otras (especialistas) sólo se observaron en una especie de hospedero. La familia Hatschekiidae mostró una alta preferencia por los hospederos de la familia Serranidae sugiriendo una alta especificidad, lo cual se ve reflejado en la alta prevalencia y abundancia media encontrada. Sin embargo, varias especies del género *Hatschekia* fueron capaces de infectar a más de una especie de hospedero dentro de la familia Serranidae. Considerando esta alta especificidad y los parámetros de infección observados, las especies de la familia Hatschekiidae podrían ser una limitante para el desarrollo de la



acuicultura con peces de la familia Serranidae. Un caso contrario fueron las especies generalistas, por ejemplo, la familia Lernanthropidae y Caligidae se encontraron parasitando a 4 y 17 familias de peces respectivamente. Las especies de parásitos dentro de estas familias presentaron prevalencias muy variables; sin embargo, la abundancia media para todos los casos fue muy baja. Por ejemplo, *Lernanthropus* sp.2 infectó a 6 especies de la familia Haemulidae y 1 de la familia Serranidae, mostrando prevalencia entre 5,88% y 52,38% con abundancias media menores a 1 individuo por hospedero. Considerando que estos parásitos colonizan diferentes especies, que algunos de los hospederos tuvieron prevalencias altas y dependiendo del estado de estrés que pueda tener el hospedero en un sistema de cultivo, el riesgo de estas especies puede ser alto.

La susceptibilidad de las especies de hospedero a los parásitos varió de una especie a otra. Hospederos como *Coryphaena hippurus* y *Lutjanus argentiventris* estuvieron parasitados por 8 y 11 especies de copépodos, respectivamente, mientras que hospederos como *Seriola rivoliana* y *Haemulon steindachneri* presentaron 1 y 3 especies, respectivamente. Hospederos con alta riqueza de parásitos tienen un riesgo de sufrir infecciones severas durante el cultivo. Esta susceptibilidad a varias especies de parásitos, unido a las condiciones de cultivo inadecuadas, incrementa las posibilidades de que al menos una especie de parásito pueda ingresar en el cultivo y ocasionar problemas de salud en los peces. Por ejemplo, en el caso de *C. hippurus* cultivados en una granja de la región, se presentó una alta prevalencia de ceguera ocasionada por un copépodo, lo que produjo altas mortalidades y la consiguiente decisión de los cultivadores de abandonar esta especie por considerarla de alto riesgo económico (Biólogo Ufredo Zambrano, Com. Pers.).

Conclusiones

Se encontró una diversidad alta de especies de parásitos infectando a peces marinos de importancia económica para Ecuador.

Las especies de parásitos mostraron prevalencia variables.

Algunas especies de parásitos fueron generalistas y otras especialistas. Diferencias en la especificidad deben de tomarse en cuenta en los planes de cultivo de peces. Especies de parásitos especialistas sólo afecta a una especie o grupo cercano de especies, mientras que especies generalistas afectan a varias especies de peces de familias incluso poco relacionadas.

Algunas especies de hospederos como *Coryphaena hippurus* y *Lutjanus argentiventris* fueron susceptibles a ser infectadas por varias especies de parásitos.



Agradecimientos

Esta investigación se realizó en el marco del proyecto “Ocurrencia de copépodos parásitos en peces marinos de importancia económica de Ecuador”, financiado por la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM) a través del Departamento Central de Investigación. La Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, a través del Proyecto Prometeo, otorgó una beca a Morales-Serna, F.N. durante su estancia en la ULEAM en 2013. Agradecemos a Ketty Intriago por su colaboración en campo y laboratorio.

Referencias

- Boxshall, G.A. y Bravo, S. 2000. On the identity of the common *Caligus* (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae) from salmonid netpen system in Southern Chile. *Contributions to Zoology* 69: 137–146.
- Boxshall, G.A. y Halsey, S.H. 2004. An introduction to copepod diversity. Part II. The Ray Society, Andover, United Kingdom, 2000 pp.
- Bravo, S., Silva, M.T. y Monti, G. 2012. Efficacy of emamectin benzoate in the control of *Caligus rogercresseyi* on farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in Chile from 2006 to 2007. *Aquaculture* 364–365: 61–66.
- Bush, A.O., K.D. Lafferty, J.M. Lotz y A.W. Shostak. 1997. Parasitology meet ecology in its own terms: Margolis revisited. *Journal of Parasitology* 83: 575–583.
- Catalano, S.R. y Hutson, K.S. 2010. Harmful parasitic crustaceans infecting wild arripids: A potential threat to southern Australian finfish aquaculture. *Aquaculture* 303: 101–104.
- Cressey, R.F. y Collette, B.B. 1970. Copepods and needlefishes: a study in host-parasite relationships. *Fishery bulletin* 68: 347–432.
- Cruz, M., Gabor, N., Mora, E., Jiménez, R. y Mair, J. 2003. The known and unknown about marine biodiversity in Ecuador (continental and insular). *Gayana* 76: 232–260.
- El-Rashidy, H.H. y Boxshall, G.A. 2002. New species and new records of *Ergasilus* Nordmann (Copepoda: Ergasilidae) from the gills of grey mullet (*Mugilidae*). *Systematic Parasitology* 51: 37–58.
- Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V.H. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental Volúmenes II y III. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, FAO. 647–1200 pp.
- Frazer, L.N. 2009. Sea-cage aquaculture, sea lice, and declines of wild fish. *Conservation Biology* 23: 599–607.
- Garbor, N. 2002. Un océano inexplorado: las especies marinas del Ecuador. *Revista Desafío*, 3(5).
- Hamilton West, C., Arriagada, G., Yatabe, T., Valdés, P., Hervé-Claude, L.P. y Urcelay, S. 2012. Epidemiological description of the sea lice (*Caligus rogercresseyi*) situation in southern Chile in August 2007. *Preventive Veterinary Medicine* 104: 341–345.



- Ho, J.-S. y Lin, C.-L. 2004. Sea Lice of Taiwan (Copepoda: Siphonostomatoida: Caligidae). The Sueichan Press, Keelung, Taiwan, 388 pp.
- Johnson, S.C., Blaylock, R.B., Elphick, J. y Hyatt, K. 1996. Disease caused by the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* (Copepoda: Caligidae) in wild sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) stocks of Alberni Inlet, British Columbia. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 53: 2888-2897.
- Johnson, S.C., Treasurer, J.W., Bravo, S., Nagasawa, K. y Kabata, Z. 2004. A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. Zoological studies 43: 229-243.
- Kabata, Z. 1979. Parasite copepoda of British fishes. No. 152: i-xii, 1-468, figs. 1-2031. The Ray Society, London.
- Luque, J.L. y Poulin, R. 2007. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. Parasitology 134: 865-878.
- Morales-Serna, F.N., Caña-Bozada, V., Mera-Loor, G., Loor-Andrade, P., Fajer-Avila, E.J. y Ho, J.-S. 2015. New records of sea lice (Copepoda: Caligidae) from marine fishes in Jaramijó, an area with potential for sea-cage aquaculture in Ecuador. Zootaxa, en prensa.
- Morton, A., Routledge, R. y Krkošek, M. 2008. Sea louse infestation in wild juvenile salmon and Pacific herring associated with fish farms off the East-Central coast of Vancouver Island, British Columbia. North American Journal of Fishes Management 28: 523-532.
- Nowak, B.F. 2007. Parasitic diseases in marine cage culture: an example of experimental evolution of parasites? International Journal of Parasitology 37: 581-588.
- OIE, 2010. WAHID Interface. World Organization for Animal Health.
- Sinche, C.F., Vera, V.V. y Blacio, G.E. 2009. Cultivo de huayaípe, *Seriola rivoliana*, en piscinas provistas de geomembranas. Artículo de tesis de grado – FIMCBOR. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/1752>
- Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Scholz, T., González-Solís, D. y Mendoza-Franco, E.F. 2002. Atlas de los helmintos parásitos de cíclidos de México. Instituto Politécnico Nacional, México, 183 pp.





Un modelo de gestión de la pesca de pequeña escala en la Provincia de Santa Cruz, Patagonia, Argentina

Luis A. Pellanda¹, Laura A. Lloreda²

¹Delegación de Pesca de Puerto Santa Cruz. Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias. Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Cruz, Argentina.

²Asesor Externo

E-mail: pellandaluis@hotmail.com, lloreda_laura@hotmail.com

Resumen

En la Provincia de Santa Cruz se desarrolla la pesca de pequeña escala como una actividad de captura y recolección de recursos marinos efectuada por pescadores habilitados que implica un alto componente de trabajo manual en forma habitual, individual o asociada, mediante el empleo de embarcaciones o sin ellas, y la utilización de artes de pesca y técnicas relativamente simples y no depredatorias permitidas, en el marco de una concepción de desarrollo sustentable, tales como redes playeras, trasmallos, redes agalleras, redes fijas, artes de anzuelo y trampas, todos ellos operados desde costa. Se realiza además la extracción manual de moluscos, crustáceos y equinodermos mediante buceo desde la costa o desde embarcaciones menores o desde el intermareal. Esta actividad es relevante en poblaciones costeras ubicadas a lo largo del litoral marítimo santacruceño tales como, de norte a sur, Caleta Olivia, Puerto Deseado, Puerto San Julián, Puerto Santa Cruz y Río Gallegos. En estas regiones la pesca se realiza dentro de ámbitos geográficos de estuarios o bahías con el auxilio de pequeñas embarcaciones que no exceden los doce metros de eslora propulsadas con motores fuera de borda o sin embarcaciones directamente a partir del calado de redes de enmalle en el intermareal o el uso de redes de cerco playeras. La actividad es estacional comenzando en el mes de septiembre con la pesca del pejerrey (*Odontesthes smitti*) y avanzado durante los meses de primavera-verano con el róbalo (*Eleginops maclovinus*), en febrero con la palometa (*Paronna signata*) y ocasionales cardúmenes de sardina o anchoíta (*Spratus fueguensis*). Estas especies conforman el principal recurso económico del pescador artesanal de la región el cual es comercializado en el ámbito local y regional fundamentalmente en fresco en forma de filetes, entero eviscerado sin escamas y sin cabeza, o como conservas al escabeche o en salsa de tomate y algunos ahumados. Toda la cadena de valor entregada al pescado es netamente de corte artesanal emprendida en forma individual o por grupos familiares sin llegar a ser



una industria y en muchos casos como otra alternativa económica de subsistencia que permita al pescador artesanal y su grupo familiar mejorar su calidad de vida. En la actualidad en las regiones costeras de la provincia existen un número escaso de pescadores vinculados a las tareas de captura, procesamiento y comercialización, muchos de los cuales poseen empleos alternativos a la pesca. La necesidad de ordenar la pesca de pequeña escala en el ámbito de la provincia llevó a seleccionar un área de estudio y a la aplicación en ella de un Modelo de Gestión utilizando el Enfoque Ecosistémico de la Pesca (EEP) como una manera de lograr el desarrollo sustentable de la actividad y mejorar la calidad de vida de los pescadores y de las comunidades costeras de la región.

Introducción

Las pesquerías de pequeña escala contribuyen de manera importante a la nutrición, seguridad alimentaria, subsistencia de las comunidades costeras y mejoramiento de la calidad de vida del pescador y sus familias sobre todo en los países en desarrollo. Este tipo de pesquerías son de bajo impacto ambiental, conservativas desde el punto de vista de los recursos y además de gran eficiencia. A pesar de esta contribución significativa, todavía no se entienden plenamente las cuestiones que limitan el desarrollo sostenible de la pesca en pequeña escala. Según datos obtenidos del Departamento de Pesca de la FAO y del ICLARM (Centro Internacional de Manejo de Recursos Acuáticos Vivos) esta actividad representa cerca de la mitad de las capturas mundiales de peces destinadas al consumo humano directo, emplean más de 95 % de las personas que trabajan en el sector pesquero y utilizan sólo un 10 % de la energía consumida por las grandes empresas pesqueras.

Se ha estimado, asimismo, que las pesquerías artesanales utilizan una quinta parte del capital y entre una cuarta y quinta parte del combustible por tonelada de pescado desembarcado, creando cientos de veces más empleo por dólar invertido que las pesquerías a gran escala.

A pesar de ello, este tipo de pesquerías, muy frecuentemente llevadas a cabo por unidades familiares o pequeñas empresas, no suelen ser alentadas y existe una preferencia por el desarrollo de la pesca a gran escala o industrial. Esta situación y la relativa escasa atención que han recibido en la mayoría de los países, sin pautas de manejo u ordenamiento pesquero claramente definidos, ha llevado en muchos casos a intensificar la presión de pesca en determinados sitios costeros, por lo general relacionados a las zonas densamente pobladas, lo cual condujo a la disminución de los recursos y su consecuente problemática social.

Esta situación adquiere particular relevancia para las comunidades de pescadores manuales costeros de Santa Cruz por lo que se hace necesario contribuir a su sustentabilidad a través de una gestión integrada de los sistemas sociales, económicos y ecológicos que son la base del sector mediante la aplicación de un



Modelo de Gestión de la Pesquería de Pequeña Escala con aplicación del Enfoque Ecosistémico Pesquero.

Materiales y métodos

La gestión integrada de la pesquería de pequeña escala en la región se piensa a través de la implementación de un modelo cuyo marco teórico es el Enfoque Ecosistémico.

El Enfoque Ecosistémico de la Pesca (EEP) se vincula también estrechamente con otros enfoques en los ámbitos del desarrollo, los recursos naturales y la ordenación del espacio costero, tales como el enfoque relativo a los medios de vida sostenibles y la ordenación integrada (MIZC).

En este modelo de gestión se plantean como objetivos operativos interrelacionados el **equilibrio biológico del ecosistema**, el **desarrollo económico sustentable** a partir del ecosistema **como productor de bienes y servicios** y el **beneficio de los pescadores de pequeña escala y sus familias**.

Para cada uno de estos objetivos operativos se establecieron los correspondientes objetivos particulares como se detallan en la Figura 1.

Para obtener un modelo de EEP que se aplique a la pesquería de pequeña escala se siguieron los cinco pasos sugeridos por Gill Shepherd (G. Shepherd, 2006) tomando como antecedentes los resultados aportados por la evaluación de los recursos pesqueros costeros del estuario del Río Santa Cruz en el marco del proyecto de Conservación de la Biodiversidad (TF-028372-AR), Subcomponente de Desarrollo de Actividades Sustentables APN-Banco Mundial GEF (Pellanda y Lloreda, 2008) y en la propuesta de Manejo Integrado de la Zona Costera del Estuario del Río Santa Cruz (MIZC) en el marco del Plan Estratégico Territorial de Puerto Santa Cruz (PET).

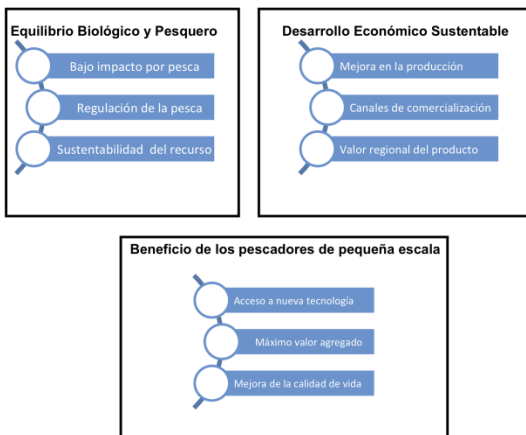


Figura 1. Objetivos particulares del Modelo Ecosistémico Pesquero.



Modelo de gestión ecosistémica

Con el apoyo de la Unión Industrial Argentina (UIA), el Concejo Federal de Ciencia y Tecnología de la Nación (COFECyT) y el Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Cruz a través de su Delegación de Pesca en Puerto Santa Cruz se procedió a establecer el perfil del sector pesquero en la región así como a determinar las debilidades del sector cuya superación implica un desafío científico y tecnológico.

Se utilizaron encuestas a consumidores y entrevistas a pescadores artesanales y sus familias así como a diversos actores implicados en la actividad pesquera lo que permitió establecer la cadena de valor del sector y los atributos y usos del ecosistema tales como pesca deportiva, pesca artesanal, turismo, disfrute del tiempo libre y actividades náuticas entre otros usos.

Si bien la pesca de pequeña escala se aplica en varias localidades de la provincia de Santa Cruz, se trabajó para la definición del modelo con EEP, la región geográfica que comprende el **Estuario del Río Santa Cruz** (Figura 2) sobre cuya margen sur se asienta la comunidad costera de **Puerto Santa Cruz** con unos 6.000 habitantes (Censo Nacional 2011)

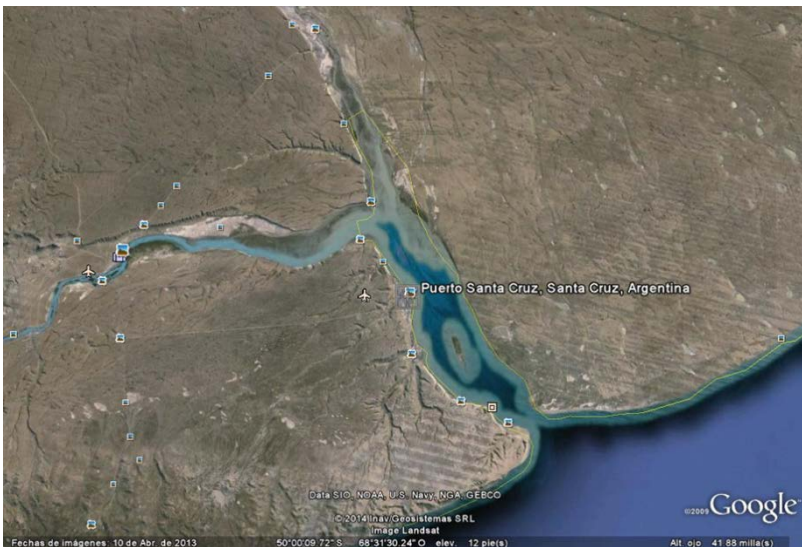


Figura 2. El Área de Estudio: Estuario del Río Santa Cruz.

Esta elección se hizo teniendo en cuenta la capacidad de operación, la optimización del tiempo, personal, materiales e insumos así como las relaciones comerciales y culturales y la funcionalidad de los ecosistemas circundantes. Mediante la participación en diferentes eventos tales como ferias artesanales, ferias de ciencias, fiestas regionales y encuentros gastronómicos tanto a nivel



local, provincial y nacional se socializaron y difundieron los diferentes aspectos que hacen a la dimensión ecosistémica de la pesquería de pequeña escala en la región.

Pasos metodológicos del enfoque pesquero ecosistémico

PASO A: Determinación de los actores, definiendo el área y estableciendo las conexiones entre ellos.

Actores principales:

- Pescadores artesanales y sus familias.
- Micro-productores de alimentos de origen pesquero.
- Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias.
- Ministerio de la Producción.
- Municipalidades.
- Banco Mundial- GEF.
- Administración de Parques Nacionales (APN)-Parque Nacional Monte León.
- Embajada de Australia.
- Unión Industrial Argentina (UIA).
- Concejo Federal de Ciencia y Tecnología (COFECyT).
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación.
- Fundación Vida Silvestre Argentina.
- Prefectura Naval Argentina.
- Club Náutico Santa Cruz.
- Sector gastronómico.
- Vialidad Provincial.
- Consejo Agrario Provincial (CAP).
- Harengus S.A.
- Bahía Grande S.A.
- Cámaras de Comercio.
- Concejo Federal de Inversiones (CFI).

Integración intersectorial:

En Puerto Santa Cruz los diferentes sectores preponderantes que deberán interactuar son:

- Sector Pesquero.
- Sector Industrial.
- Sector Turístico.
- Sector Portuario.
- Defensa y Seguridad.
- Sector Conservacionista.
- Sector Agropecuario.



- Administración Pública.
- Representantes del sector privado.
- Sector Científico.

Integración entre niveles de la administración pública

La integración deberá darse entre los niveles de la administración pública: nacional, estatal, provincial, federal, municipal o departamental. Un ejemplo de esta integración a nivel local podrá darse en el desarrollo portuario del Puerto de Punta Quilla que se encuentra bajo jurisdicción provincial y el desarrollo turístico promovido por autoridades municipales.

Integración espacial

Entre el ambiente marino y el territorio continental (uso del suelo). Muchas actividades económicas tienen requerimientos en ambos lados de la zona costera y utilizan recursos marinos y terrestres. Ejemplo de estas actividades en Puerto Santa Cruz son la pesca artesanal y la actividad industrial con la posible instalación de plantas industriales en la zona costera y la construcción de rutas, conexiones y accesos con salida directa al mar.

Integración entre los conocimientos científicos y políticas de manejo

Las decisiones de manejo deben estar fundamentadas en conocimientos científicos actualizados. Para lograrlo debe haber una comunicación fluida entre investigadores y administradores y/o autoridades. La microrregión en la que está inserta la localidad de Puerto Santa Cruz cuenta con entidades que dedican esfuerzos a la investigación científica.

Entre ellas se encuentran:

- Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA).
- Sub Secretaría de Medio Ambiente de la Provincia de Santa Cruz.
- Consejo Agrario Provincial (CAP).
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Sub Secretaría de Pesca y Actividades Portuarias (SPyAP).
- Delegación Puerto Santa Cruz de la Sub Secretaría de Pesca.
- Empresa Minera Cerro Vanguardia S.A.
- Fomento Minero Santa Cruz S.A. (Fomicruz).
- Administración de Parques Nacionales (APN).
- Sub Secretaría de Planeamiento de la Provincia de Santa Cruz
- Federación Económica de la Provincia de Santa Cruz (FESC).
- Sub Secretaría de Recursos Hídricos.

Definición del Perfil Sectorial y Área de Aplicación

En lo que se refiere a la pesca de pequeña escala, a pesar de que la costa de Santa Cruz tiene una extensión de casi 1.000 km de longitud, este tipo de actividad se desarrolla en unos pocos lugares ubicados en las proximidades de las localidades



costeras de Caleta Olivia, Puerto Deseado, Puerto San Julián, Puerto Santa Cruz y Río Gallegos (Figura 3).

En las costas de la provincia se encuentra una gran riqueza ictícola poco aprovechada y bancos de moluscos bivalvos (mejillones, cholgas, vieras) que sustentan una actividad de carácter artesanal y poblaciones de peces costeros (róbalo, palometa, merluza común, pejerrey, sardina fueguina, abadejo) que en la actualidad no están desarrollados o su volumen extractivo no es significativo.

La pesca de pequeña escala utiliza diversos métodos para realizar las capturas. En las zonas costeras de estuarios y bahías de la provincia predomina la pesca con redes de enmalle (“agalleras”), trasmallos y red de cerco o arrastre playero con un alto grado de trabajo manual y escasa innovación tecnológica aplicada.

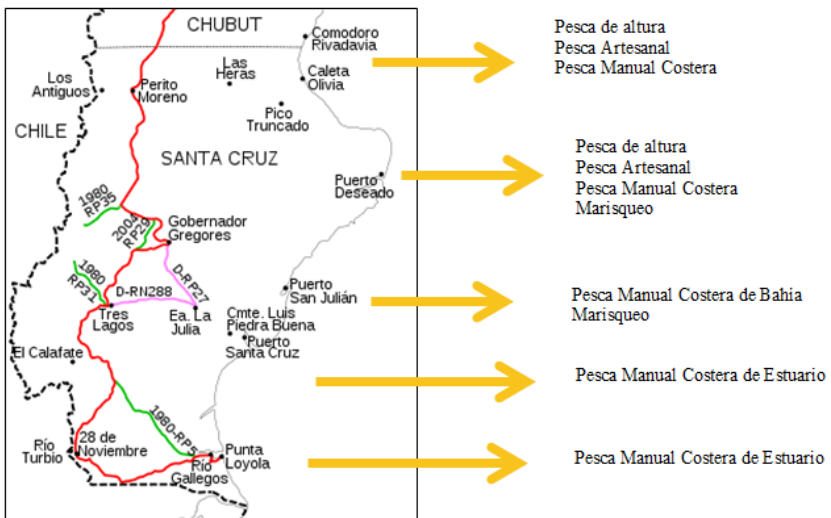


Figura 3. Comunidades costeras de la Provincia de Santa Cruz, Argentina.

Se decidió comenzar a aplicar el EEP a la gestión de la pesca de pequeña escala en Santa Cruz en la comunidad de pescadores costeros artesanales de Puerto Santa Cruz.

Esta decisión estuvo basada en los aspectos prácticos, capacidad operativa del área de aplicación y funcionalidad del ecosistema.

En el área, así como en la región, se realiza la pesca artesanal manual costera como una actividad que congrega a un importante número de pescadores y sus familias así como a pequeños productores de alimentos de origen pesquero que hacen de la pesca un medio de subsistencia y alternativa económica.

Los ambientes estuarinos constituyen ecosistemas muy particulares, cuyas características condicionan la presencia, distribución y densidad de los peces disponibles para la pesca.



En los estuarios el agua marina está diluida por el agua dulce del drenaje terrestre, la temperatura del agua es variable, el contenido de materiales en suspensión suele ser alto y las corrientes intensas. Consecuentemente, los organismos que viven en ellos deben estar adaptados a tolerar estas condiciones, más aún si se tiene en cuenta que los valores de salinidad varían marcadamente durante el ciclo mareal y en relación a las estaciones del año. Son frecuentes, entonces, las especies marinas eurihalinas, capaces de vivir en ambientes inestables.

Entre las ventajas que ofrecen estos hábitats se señala que proveen buena disponibilidad de alimento, ya que poseen una elevada productividad biológica y a que permiten el desarrollo de los primeros estadios larvales de algunas especies de peces e invertebrados marinos de interés ecológico y comercial.

PASO B: Estructura del ecosistema, función y manejo.

El Ecosistema

Mediante las campañas de evaluación del ambiente marino costero cercano a la comunidad pesquera de Puerto Santa Cruz se pudo caracterizar el Estuario del Río Santa Cruz en cuanto a los servicios, funciones y actividades productivas que brinda el ecosistema estuarino.

El estuario constituye un ecosistema muy particular cuyas características condicionan la presencia, distribución y densidad de peces disponibles para la pesca.

En los estuarios el agua marina está diluida por el agua dulce derivada del drenaje terrestre, la temperatura del agua es variable, el contenido de materiales en suspensión suele ser alto y las corrientes intensas. Consecuentemente, los organismos que viven en ellos deben estar adaptados a tolerar estas condiciones, más aún si se tiene en cuenta que los valores de salinidad varían marcadamente durante el ciclo mareal y en relación a las estaciones del año.

Son frecuentes, entonces, las especies marinas eurihalinas, capaces de vivir en ambientes inestables.

Entre las ventajas que ofrecen estos hábitats se señala que proveen buena disponibilidad de alimento, ya que poseen una elevada productividad biológica y a que permiten el desarrollo de los primeros estadios larvales de algunas especies de peces e invertebrados de interés económico o ecológico.

El estuario del río Santa Cruz posee una extensión de 13 millas y desemboca en el Océano Atlántico en dirección noroeste con una boca de acceso entre Punta Entrada y Punta Cascajo de 1,2 millas de ancho, ubicándose en el medio de su cauce hacia el mar, la Isla Leones declarada Área Marina bajo protección especial por la Dirección de Fauna provincial.

Biodiversidad Marina

Los muestreos biológicos y pesqueros de las capturas producidas por las artes de pesca de los pescadores artesanales manuales costeros de Santa Cruz indican la



presencia de 7 especies de peces marinos adaptados a las condiciones del ambiente estuarino de Santa Cruz (Tabla 1).

Tabla 1. Listado de las especies de peces presentes en el ecosistema.

| ESPECIES DEL ESTUARIO DEL RIO SANTA CRUZ |
|--|
| 1. Róbalo (<i>Eleginopsmaclovinus</i>) |
| 2. Palometa pintada (<i>Paronassignata</i>) |
| 3. Pejerrey patagónico (<i>Patagonia hatcheri</i>) |
| 4. Sardina fueguina (<i>Spratusfueguensis</i>) |
| 5. Perca de boca chica (<i>Percichthyssp.</i>) |
| 6. Lorcho o Róbalo Negro (<i>Nototheniatessellata</i>) |
| 7. Trucha arco iris anádroma (<i>Ocorhynchusmykis</i>) |

Abundancia específica

Las especies con mayor porcentaje de ocurrencia en las capturas artesanales son en primer lugar el róbalo (61% de ocurrencia), seguido de la palometa (34 %, aunque esta especie es de ocurrencia estacional) siendo de escasa ocurrencia la aparición de las demás especies señaladas (Figura 4). Las longitudes totales promedio de los róbalos capturados en el estuario están entre los 39,3 y 43,6 cm (Figura 5) con un peso promedio de 1618 Kg total entero (Figura 6).

La captura total en peso de peces comerciales para los meses de enero, febrero y marzo de 2013 de un solo pescador artesanal fue de 3.704 Kg (Tabla 2 y 3).

Tanto el róbalo como el pejerrey son especies que se capturan durante toda la temporada mientras que la palometa y las sardinas son recursos estacionales, durante finales de diciembre y enero para la primera y durante febrero y marzo para la segunda, respectivamente (Tabla 4).

PORCENTAJE ESPECIFICO DE LAS CAPTURAS

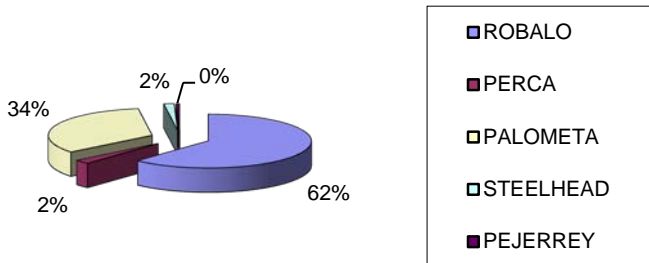


Figura 4. Porcentaje específico de las capturas del pescador artesanal.



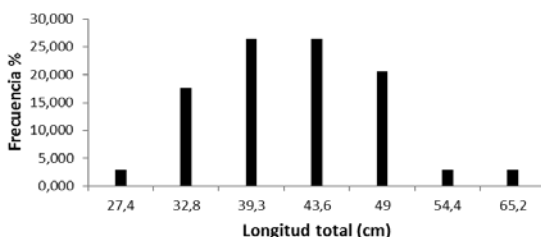


Figura 5. Distribución de frecuencias de talla de róbalo patagónico (*Eleginops maclovinus*) del estuario del río Santa Cruz.

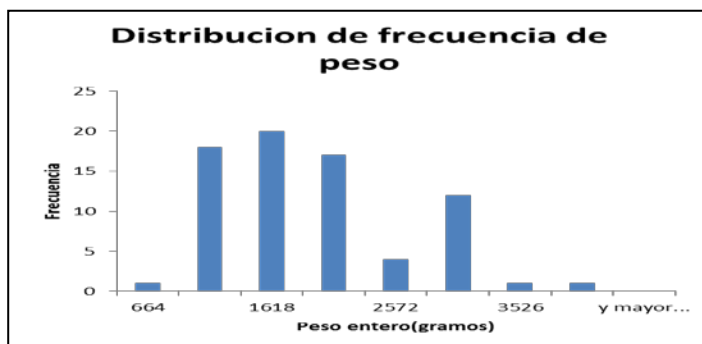


Figura 6. Distribución de frecuencia de peso total entero de róbalo patagónico (*Eleginops maclovinus*) del estuario del río Santa Cruz.

Tabla 2. Capturas de la pesca artesanal en el estuario del río Santa Cruz año 2013.

| Fecha | Especie | Peso Total (Kg) |
|----------------|----------|-----------------|
| 30/01 | róbalo | 627 |
| 30/01 | palometa | 17 |
| 30/01 | perca | 12 |
| 03/02 | róbalo | 661 |
| 07/02 | róbalo | 406 |
| 07/02 | palometa | 18 |
| 15/02 | róbalo | 38 |
| 19/02 | róbalo | 169 |
| 19/02 | palometa | 25 |
| 20/02 | perca | 8 |
| 23/02 | róbalo | 258 |
| 27/02 | róbalo | 372 |
| 01/03 | róbalo | 295 |
| 03/03 | róbalo | 338 |
| 06/03 | róbalo | 295 |
| 10/03 | róbalo | 165 |
| TOTALES | | 3.704 Kg |



Tabla 3. Épocas de pesca de los peces del estuario.

| ESPECIE CAPTURADA | MESES DE MAYOR CAPTURA |
|-------------------|---------------------------|
| Róbalo patagónico | Durante toda la temporada |
| Pejerreyes | Durante toda la temporada |
| Palometa | Fines de diciembre/enero |
| Sardina fueguina | Febrero/marzo |

Tabla 4. Especies de peces capturados en las costas de Santa Cruz por la pesquería de pequeña escala.

| Especies de peces capturados en la costa de Santa Cruz por los pescadores artesanales. | | |
|--|-----------------------|---------------|
| Peces condriictios o cartilaginosos | | |
| Nombre Científico | Nombre vulgar | Familia |
| <i>Notorhynchuscepedianus</i> | Tiburón gatopardo | Hexanchidae |
| <i>Squalusacanthias</i> | Cazón espinoso | Squalidae |
| Peces teleósteos u óseos | | |
| <i>Eleginopsmaclovinus</i> | Róbalo patagónico | Nototheniidae |
| <i>Odontesthessmitii</i> | Pejerrey manila | Atherinidae |
| <i>Odontesthesnigricans</i> | Pejerrey lagunero | Atherinidae |
| <i>Odontesthes incisa</i> | Cornalito | Atherinidae |
| <i>Paronassignata</i> | Palometa | Carangidae |
| <i>Merlucciushubbsi</i> | Merluza común | Merlucciidae |
| <i>Sprattusfueguensis</i> | Sardina fueguina | Clupeidae |
| <i>Salilotaaustralis</i> | Brótola brava | Moridae |
| <i>Genypterusblacodes</i> | Abadejo | Ophidiidae |
| <i>Trachionotusglaucus</i> | Pampanito | Carangidae |
| <i>Mugil liza</i> | Lisa | Mugibidei |
| <i>Congiopodusperuvianus</i> | Pez chanco, Chanchito | Congiopodidei |
| <i>Cotto perca gobio</i> | Toro de los canales | Bovichthydae |
| <i>Macruronusmagellanicus</i> | Merluza de cola | Merlucciidae |

Principales especies de peces en las capturas comerciales de la región

Los estudios realizados a partir del análisis de las capturas de los pescadores artesanales de la región costera del litoral marítimo santacruceño permitieron identificar hasta el momento 16 especies de peces correspondientes a dos familias de Condriictios o Peces Cartilaginosos y a once de Teleósteos o Peces Óseos (Tabla 4). Algunos son capturados en forma muy esporádica en tanto que otros constituyen la base de la pesquería artesanal. Entre estos últimos se



destacan: el róbalo patagónico, dos especies de pejerrey, palometa y merluza común.

De estas especies, el róbalo es el que alcanza una distribución más austral. Forma parte de la Familia Nototheniidae, la cual comprende representantes que habitan aguas antárticas y subantárticas, siendo las primeras dominantes. El róbalo patagónico es el único integrante de esta familia que no habita en la zona antártica y que es capturado por los pescadores artesanales con fines comerciales. Es el nototénido más abundante de los peces costeros de fondo de la Patagonia.

Otras especies frecuentemente capturadas son los tiburones, como el cazón y un pequeño pez que suele abundar en las zonas más australes durante los meses estivales: la sardina fueguina. Ambos, si bien son capturados con cierta frecuencia, son escasamente comercializados, destinándose por lo general al consumo personal.

El resto de las especies sólo son capturadas en algunas ocasiones y en volúmenes despreciables.

Caracterización de la actividad pesquera en la región

La pesquería de pequeña escala en la región está basada fundamentalmente en la explotación de peces costeros que ingresan a los estuarios (Puerto Deseado, Puerto Santa Cruz, Río Gallegos) o a las bahías (Caleta Olivia, Puerto San Julián) en forma estacional influenciados por las amplitudes de marea. Estos ambientes marinos tienen comportamientos particulares como es el caso de los estuarios, en los que el agua marina se encuentra mezclada con el agua dulce que aportan los ríos así como aguas procedentes de drenajes aluvionales terrestres y en la bahías en donde la temperatura del agua y el grado de salinidad sea variable sumado a que las corrientes imperantes son fuertes.

Estas características condicionan la presencia, distribución y densidad de peces disponibles para la pesca siendo frecuente la presencia dentro del estuario de especies marinas eurihalinas capaces de vivir en estos ambientes tan variables pero a la vez con ventajas tróficas que favorecen el desarrollo de las mismas.

Estas particularidades ecológicas determinan que el período de captura comercial de los recursos pesqueros costeros del estuario se extienda desde setiembre/octubre hasta abril/mayo dependiendo su inicio y fin de las condiciones climáticas imperantes cada año.

El pescador artesanal costero de Santa Cruz realiza su trabajo con un gran componente de actividad manual, casi siempre sin el auxilio de grandes embarcaciones y por lo tanto la mayor parte de la jornadas de pesca se restringen a las zonas pesqueras de la costa de más fácil acceso.

Son contados los casos de pescadores artesanales locales que cuentan con embarcaciones de pesca apropiadas que les permitan cruzar a la costa norte y efectuar tareas de pesca sobre esa margen del estuario donde el pescado es más abundante.

Las condiciones climáticas son muy variables y la fuerza del viento imprime al estuario características difíciles a la hora de navegar por él con equipos, personal



y capturas por lo cual la actividad pesquera sobre la costa norte se encuentra bastante restringida para el pescador artesanal local.

Sin embargo, la actividad experimenta un aumento durante los meses de verano debido a la mejora relativa de las condiciones climáticas y a una mayor disponibilidad de peces en las áreas cercanas a la costa. La abundancia de las distintas especies costeras varía a lo largo de la temporada de pesca. Su ingreso al estuario es estacional y algunas son capturadas en gran número en un tiempo relativamente corto mientras que otras se capturan durante toda la temporada.

Es el mismo pescador es el que regula la cantidad de pescado a capturar en una jornada de pesca en función de la capacidad que posea para efectuar el calado de redes, limpieza y operatividad así como para la posterior comercialización del producto obtenido.

La mayoría de los pescadores artesanales del estuario del río Santa Cruz comercializan el producto de la pesca en forma de pescado entero, pescado entero sin vísceras y sin escamas y, en contados casos, en forma de filetes congelados.

Todo el procesamiento de limpieza y lavado del pescado capturado se realiza directamente en la costa o en los domicilios particulares de cada pescador y casi sin ningún tipo de cadena de frío entre el momento de producida la captura y la limpieza posterior a la que es sometido el producto.

La venta se realiza directamente a domicilio o bien a compradores de pescaderías de Río Gallegos y/o de Puerto San Julián que viajan a la localidad a buscar los kilogramos de pescado ofrecidos. Es escasa la comercialización de pescado del estuario en supermercados, almacenes y/o restaurantes de la localidad, no existiendo hasta el presente locales comerciales de venta de productos de mar al público.

Métodos de captura de la pesquería de pequeña escala

La pesca artesanal manual costera o de pequeña escala en el ámbito del estuario del río Santa Cruz y en toda la región costera se efectúa principalmente a través del uso de artes de pesca pasivas tales como las redes de enmalle o “agalleras” y artes de pesca activas tales como la red de cerco o de arrastre playero.

Las redes “agalleras” son caladas (colocadas) en forma perpendicular a la costa en el intermareal durante la bajamar quedando totalmente cubiertas por el agua durante la pleamar momento en que comienzan a pescar. Los peces se topan con la red y quedan atrapados en la misma por sus agallas, de allí el nombre que recibe este tipo de arte de captura.

Las redes de enmalle se colocan en andenes de número variable, una a continuación de otra, durante la bajamar. En este tipo de arte de captura es importante el tamaño de la malla o lumen ya que de él depende la especie y el tamaño de la misma que se pretenda capturar. Cuando la especie buscada es el róbalo se utiliza una luz de malla de 120 milímetros y si el objetivo es capturar palometas, la malla empleada es de 160 milímetros. Las redes “palometeras” se emplean fundamentalmente durante diciembre y enero, coincidiendo con el



ingreso de esta especie en los estuarios. Esta modalidad de pesca es una de las más utilizadas por los pescadores artesanales de Santa Cruz ya que no requiere embarcación y por lo tanto es menos costosa y de manejo sencillo. Además, no exige la presencia constante de los pescadores, los que sólo deben concurrir al caladero para retirar la captura.

Sin embargo, existen desventajas que limitan su uso. Se ensucian fácilmente con algas u otros objetos arrastrados por las corrientes y su eficiencia, además, tiene una gran dependencia con las mareas. En aquellas cuya amplitud supera los 10 metros las redes no funcionan correctamente y suelen quedar cubiertas por arena, siendo entonces retiradas para evitar su daño o pérdida debido a las intensas corrientes.

Otro tipo de arte de pesca utilizado por el pescador artesanal costero de Santa Cruz es la red de cerco o red de arrastre costero. La misma consta de dos paños a manera de alas de la misma longitud y malla, variable según los casos, que se cierran en un fondo o copo de malla normalmente más pequeña en donde los peces quedan definitivamente retenidos.

Es esta un tipo de arte de pesca activo que se realiza con el auxilio de una embarcación pequeña impulsada a remo por un solo tripulante formando un cerco alrededor de los peces que se quieren capturar desde un punto de la costa hasta terminar en otro punto próximo sobre la misma costa. Se recoge manualmente cerrando paulatinamente el cerco hasta que toda la captura queda encerrada en el fondo de la red o “copo”. Con este tipo de arte de pesca se logran capturas significativamente mayores que con las redes de enmalle o “agalleras”.

Las capturas declaradas en concepto de pesca costera artesanal alcanzan las 20 a 30 toneladas anuales, aunque es probable que estas cifras estén subestimadas por la dificultad de obtener registros diarios de pesca y por la actividad desarrollada por pescadores ocasionales no habilitados.

El período de captura comercial abarca desde setiembre/octubre hasta abril. Su inicio y finalización depende de la rigurosidad climática de cada año. La actividad extractiva se incrementa en los meses de verano debido a la mejora de las condiciones del tiempo y a una mayor disponibilidad de peces en las áreas cercanas a la costa. En esta época aumenta el número de pescadores, aunque muchos de estos no se dedican a la venta del producto sino que destinan la captura al consumo familiar.

La abundancia de las distintas especies varía a lo largo de la temporada de pesca. Algunas son capturadas en gran número en un tiempo relativamente corto, como la palometa, mientras que otras se capturan durante toda la temporada.

Como ejemplo se presenta la época en que cada especie predomina o es más común en las capturas en el estuario del río Gallegos-Chico.

Además de la pesca de peces costeros, se realizan extracciones de moluscos de los bancos naturales. Los bivalvos mayormente recolectados son los mejillones (*Mytilus edulis*) y en menor medida las cholgas (*Aulacomya ater*). La recolección se efectúa manualmente en los bancos que quedan expuestos al bajar las mareas,



no existiendo registros de extracciones por medio de buzos marisqueros, modalidad habitual en otras provincias patagónicas.

Las pesquerías artesanales costeras en Santa Cruz están basadas fundamentalmente en la explotación de peces costeros, aunque también la actividad extractiva de moluscos del intermareal adquiere cierta relevancia en determinadas épocas del año. La captura de crustáceos, como es el caso de la centolla (*Lithodes santolla*), está restringida temporal y localmente, ya que sólo se efectúa en sitios puntuales de la costa y en el período estival, preferentemente durante las mareas extraordinarias. En la zona costera conocida como La Angelina, a unos 90 Km hacia el norte de Río Gallegos, en determinados días de noviembre y diciembre, la gran amplitud mareal deja expuesta extensas planicies del mesolitoral. En ellas, la erosión marina ha cavado oquedades, las cuales sirven de refugio a numerosos invertebrados, entre ellos, a las centollas. Los pescadores y pobladores en general, principalmente de Río gallegos, provistos de ganchos, suelen obtener cierto número de ejemplares destinados a su consumo personal, ya que la pesca comercial está prohibida en la actualidad.

Un escaso número de los recursos humanos del sector considera a la pesca artesanal como su actividad laboral principal. Por lo general llevan a cabo en forma paralela otros trabajos que no tienen relación directa con la pesca. Esta situación surge, en parte, por la obligación de suspender la pesca durante el período invernal, en tanto que en los meses estivales esta actividad se transforma en un ingreso adicional que repercute en forma muy favorable en las economías familiares. La totalidad de los pescadores habilitados pertenece al sexo masculino, aunque es habitual la colaboración de las mujeres en las etapas de comercialización del producto.

La edad de los mismos oscila entre los 35 y 65 años, siendo muy escaso el grupo de jóvenes que se incorporan a esta actividad. La mayoría de ellos posee una experiencia en la actividad de diez a veinte años.

Marco Regulatorio de las pesquerías

La Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias de la Provincia de Santa Cruz es la autoridad de aplicación que regula y controla la actividad pesquera artesanal en toda la región. Para ello implementa un sistema de registro de los pescadores artesanales manuales costeros habilitados para la pesca en donde consta todos los datos personales importantes así como las artes de pesca que utiliza (redes de enmalle, trasmallos, redes de arrastre desde costa, palangres, espineles, líneas, etc.) consignando en el mismo tamaño de las mallas a utilizar, dimensiones del arte de captura, zonas de pesca, capturas producidas por jornada de pesca dictando las disposiciones y resoluciones pertinentes a efectos de contribuir a la gobernanza del sector (Tabla 5).



Tabla 5. Legislación en materia de pesca, producción y medio ambiente en la región.

| |
|--|
| Ley de Pesca Provincial N° 1464, modificada por las leyes 2133 y 2326. |
| Decreto Reglamentario 195/1982 y 1875/1990 (modificado por Decreto N° 300/2005). |
| Ley N° 2934/2006 de Pesca Artesanal. |
| Disposiciones de la Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias 44/2002, 119/2005, 84/2005, 148/2004, 239/2000, 391/2006 |
| Ley Provincial de Desarrollo y Promoción Industrial |
| Ley de Parques Industriales. |
| Ley de Medioambiente. |

PASO C: Aspectos económicos de la pesquería de pequeña escala.

Marco Teórico

La gestión económica del modelo de manejo de la pesquería de pequeña escala se enmarca teóricamente desde el Enfoque Ecosistémico de la Pesca (EEP).

En primer lugar se identifican los principales aspectos económicos relevantes para el desarrollo del sector, y a continuación se debería:

1. Disminuir distorsiones del mercado que repercuten negativamente en la diversidad biológica.
2. Orientar incentivos para promover la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica; e
3. Incorporar los costos y beneficios en el ecosistema de que se trate.

Para esto se propone alcanzar los siguientes objetivos:

- Identificar y evaluar oportunidades de aprovechamiento productivo sostenible.
- Fortalecer las capacidades locales.
- Diseñar buenas prácticas para los mecanismos de producción.
- Contribuir a la creación e impulso de unidades productivas.
- Impulsar y fortalecer el concepto de identidad local asociada a los recursos del estuario.
- Generar herramientas concretas y perdurables para el desarrollo del sector pesquero artesanal dentro de un esquema de manejo integrado de todos los sectores de la zona costera.
- Insertar el programa de Desarrollo de la Pesca Artesanal Sustentable dentro del Plan Estratégico Territorial Puerto Santa Cruz 201

Metodología

En primer lugar se analizaron la oferta y la demanda de productos pesqueros regionales, mediante una investigación del mercado regional.

Se realizaron talleres y reuniones con la participación de representantes de los sectores e instituciones involucrados, con el propósito de determinar objetivos comunes y analizar situaciones de conflicto actuales y futuras.

Se analizaron el contexto socioeconómico, político y el marco legal de la actividad a nivel local.



Se realizó un análisis descriptivo FODA.

Se definieron estrategias y líneas de acción a implementar.

Finalmente se determinaron indicadores y períodos de evaluación del proyecto.

Escenario Inicial

Análisis de la oferta

- La oferta del producto está restringida a la actividad de unos pocos pescadores artesanales, que pescan y procesan el pescado con muy escasos recursos.
- La limitación de los recursos de los pescadores hace que el producto prácticamente sea comercializado sin ningún valor agregado.
- Los pescadores no cuentan con embarcaciones que les permita trasladarse hacia la costa norte del río y así variar las zonas de pesca para un posible cambio en el volumen de capturas.
- Los entrevistados se dedican a la actividad desde hace más de 10 años.
- El propio pescador ofrece el producto a domicilio.
- Las artes de pesca utilizadas son la red y la línea.
- No existe cadena de frío.
- El producto es procesado solamente como filete.
- Cada pescador cuenta con una clientela regular de 30 a 40 personas.
- Los controles a la actividad son prácticamente nulos.

Fuente: entrevistas realizadas a pescadores artesanales

Análisis de la demanda

- El pescado extraído del estuario tiene un amplio margen de aceptación entre los consumidores locales (Figura 9 y 10).
- La demanda se encuentra insatisfecha (Figura 7).
- El consumidor se encuentra entre satisfecho con las condiciones de higiene y conservación.
- El producto con valor agregado podría comercializarse sin inconvenientes en la localidad, de preferencia escabeches y pescado en salsa de tomate (Figura 11).
- Un importante porcentaje de encuestados pesca para poder consumir el producto, pero ante un aumento de la oferta es mínima la porción de encuestados que no comprarían el producto y lo seguirían pescando.
- La especie que prefieren los consumidores es el róbalo, la que justamente abunda en las capturas (Figura 8).
- La mayoría de los encuestados nunca exige a los pescadores certificados de control de ningún tipo, en especial de carácter bromatológico.
- La gran mayoría de los encuestados manifiestan que definitivamente comprarían en un centro de venta al público del producto.

Fuente: encuestas realizadas a una muestra de la población local



Algunos resultados de las encuestas al público consumidor de pescado del estuario.

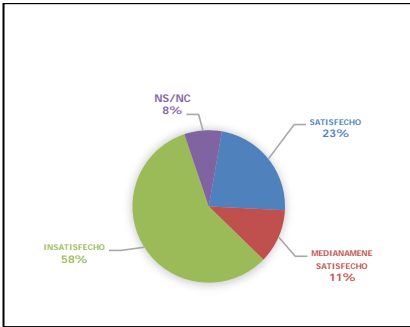


Fig.7. Satisfacción del consumidor

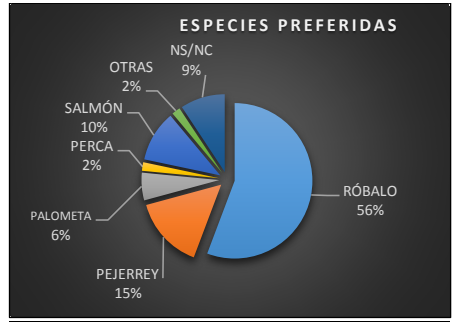


Fig.8. Especies preferidas del estuario.

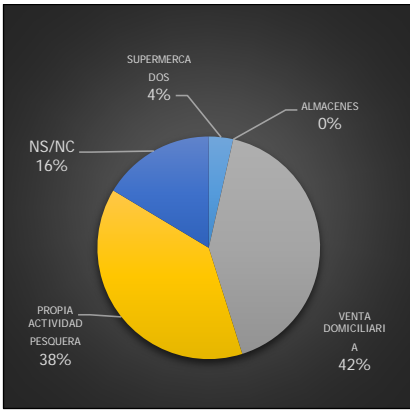


Fig.9. Intención de compra.

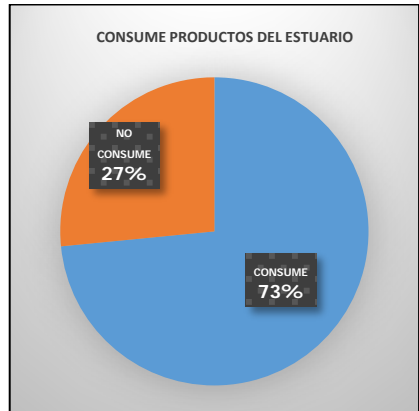


Fig.10. Preferencias de consumo.

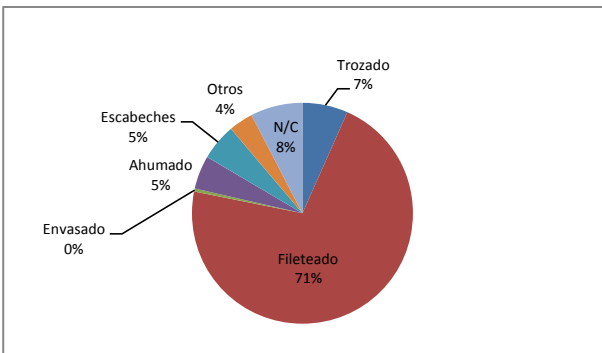


Fig. 11. Preferencia del consumidor en cuanto al valor agregado del producto pesquero.



Breve análisis del contexto socio-económico.

El gráfico de la figura 12 muestra cómo se distribuye la Población Económicamente Activa (PEA) de Puerto Santa Cruz año 2011.

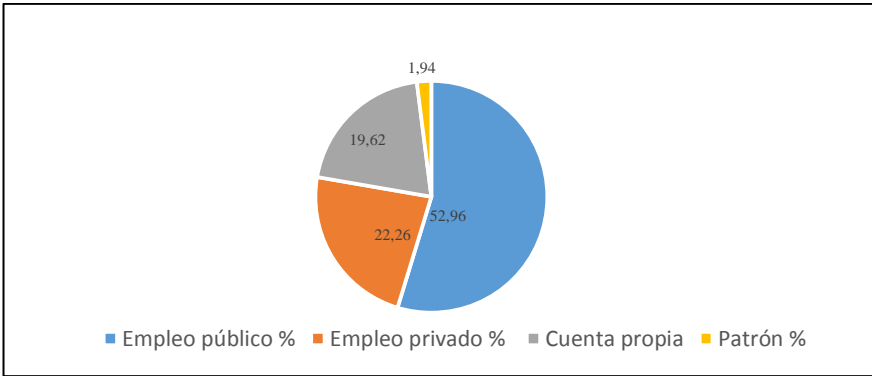


Figura12. Distribución de la Población Económicamente Activa de Puerto santa Cruz (2011).

Actividades económicas que impactan en el ecosistema

Actividades primarias: Constituidas por la ganadería ovina, compra de hacienda a ganaderos de la zona y saneamiento en el matadero municipal, pequeños criaderos avícolas y de porcinos, micro-producción frutihortícola en chacras privadas aledañas e incipiente actividad de pesca artesanal.

Actividades secundarias: producción de carne faenada en la localidad, entrañas y cueros; carpinterías industriales y comerciales, talleres metalúrgicos, imprenta, elaboración de productos derivados de pescado y productos derivados de frutas; actividades relacionadas a las necesidades básicas.

Actividades terciarias: Predominan las comerciales y de la administración pública, servicios públicos y servicios financieros, destinadas a cubrir básicamente la demanda interna.

Líneas estratégicas del modelo de desarrollo económico.

1. Fortalecimiento de la infraestructura aplicada a la actividad pesquera de pequeña escala.
2. Capacitación de los principales actores locales (pescadores, productores, restaurantes, agentes de turismo).
3. Financiamiento.
4. Fomento de unidades productoras/micro-emprendedores.
5. Difusión de resultados y puesta en valor de recursos regionales.
6. Manejo institucional integrado de la zona costera (MIZC).



ANÁLISIS DESCRIPTIVO FODA

Análisis Interno

Fortalezas

- Sustento de vida, fuente de empleo.
- Fuente de alimentos
- Participación de la mujer transmitiendo cultura y como líder en procesos productivos.
- Recursos sub-explotado
- Utilización de artes de pesca no depredatorias.
- Ley de Pesca Artesanal.
- Fortalecimiento de la identidad local vinculada a los recursos del estuario.

Debilidades

- Dificultades climáticas para sostener la actividad pesquera con continuidad.
- Reticencia al asociativismo.
- Dificultades para comercializar el producto.
- Falta de infraestructura portuaria para embarcaciones de pesca artesanal.
- Alto grado de informalidad, pescadores sin permisos correspondientes.
- Falta de infraestructura para almacenamiento y distribución del producto.
- Falta de infraestructura para la producción de derivados.
- Actividad económica complementaria en los hogares, falta de compromiso de los pescadores.
- Dificultad para crear conciencia de emprendedorismo en los pescadores y microproductores.
- Falta de capacitación en aspectos elementales de la pesca, el turismo y la gastronomía.
- Escasa conciencia local sobre el manejo responsable de los recursos del estuario.

Análisis Externo

Oportunidades

- Importante demanda local y regional de pescado del estuario.
- Preferencia del consumidor de productos artesanales regionales.
- Convenios de cooperación con grandes empresas pesqueras de la zona.
- Cooperación técnico-financiera de ONG nacionales e internacionales.
- Potenciales relaciones estratégicas para comercializar productos derivados en centros turísticos.
- Desarrollo del turismo y la gastronomía asociados a la pesca artesanal en el estuario.
- Acceso a canales de difusión a nivel regional y nacional.

Amenazas

- Falta de continuidad de políticas financieras.



- Inestabilidad política de las autoridades de aplicación.
- Incorporación al estado de pescadores y otros actores del sector.
- Aumento de costos de producción.
- Inflación.

Líneas de acción implementadas:

Fortalecimiento de la infraestructura aplicada a la pesca de pequeña escala y superación de debilidades tecnológicas: Navegación y pesca. Centro de Producción Comunitario. Equipamiento industrial. Insumos y materiales. Herramientas para la difusión y promoción del proyecto. Herramientas para la comercialización de los productos a nivel local y regional. Logística. Centro de Producción Comunitario: creado en el año 2009 con el apoyo técnico y financiero de la Fundación Vida Silvestre Argentina, la Embajada de Australia, el Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Cruz y la Municipalidad de Puerto Santa Cruz.

El centro es municipal y el productor puede acceder a las instalaciones mediante un reglamento de uso y la presentación de un proyecto de desarrollo productivo viable.

Este centro ofrece al productor asesoramiento técnico en aspectos de comercialización, producción, financiamiento y de la pesca en particular. Instalación de un autoclave estático vertical para la esterilización de conservas comerciales de pescado.

Fortalecimiento de capacidades locales: Buenas prácticas pesqueras. Manipulación de alimentos de origen pesquero. Navegación en el estuario del Río Santa Cruz. Elaboración de conservas comerciales de pescado. Productos derivados. Comercialización de productos regionales. Gastronomía regional. Turismo, gastronomía e identidad local.

Financiamiento: Captación de financiamiento no formal: (ONG'S, entidades gubernamentales, etc.) destinado a beneficiarios y destinado a la continuidad del programa de desarrollo.. Entidades aportantes al Programa: GEF Banco Mundial, Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Cruz, Argentina, Consejo Federal de Inversiones, Argentina, Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Embajada de Australia, Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Planificación Federal. Argentina, Municipio de Puerto Santa Cruz, Santa Cruz. Argentina.

Incentivos de financiamiento formal para beneficiarios.

Fomento de unidades productoras/emprendedores: Promoción de microempresas y cooperativismo. Formación y promoción de líderes. Fortalecimiento de la participación activa de la mujer. Intercambio con experiencias similares. Creación de redes de comercialización adecuadas. Creación de Mülfem SH, sociedad de mujeres pescadoras y productoras de conservas de pescado. Intercambio con Suyai Lafquen SH, mujeres marisqueras y productoras de conservas de otra provincia patagónica.



Difusión de resultados y puesta en valor de recursos regionales: Difusión de productos regionales. Acompañamiento a las experiencias comerciales en curso. Participación en ferias, exposiciones nacionales e internacionales. Difusión del Programa en eventos académicos. Fomento de la gastronomía gourmet de productos pesqueros.

Manejo Integrado de la Zona Costera: Acuerdos de cooperación entre pescadores artesanales y empresas privadas. Convenios de uso de instalaciones municipales con productores artesanales. Acuerdos de cooperación inter-institucional. Participación en programas de ONG'S en el territorio.

Indicadores a analizar periódicamente: Inversiones en infraestructura pesquera. Inversiones en infraestructura productiva. Empleo. Nivel de ingresos en los beneficiarios. Valores de la captura. Nivel de inserción de fresco y derivados en el mercado regional. Nivel de integración entre actores e instituciones participantes.

PASO D y E: Manejo adaptativo del espacio y manejo adaptativo en el tiempo

El manejo adaptativo en el espacio se refiere al probable impacto que tiene un ecosistema sobre ecosistemas adyacentes, dentro o fuera del área de acción. Los cambios en el manejo de un ecosistema pueden afectar ecosistemas adyacentes, aun cuando no se han efectuado intentos para internalizar los costos y beneficios. Aquí se plantea como resultado una planificación integral del territorio a través del **Plan Estratégico Territorial de Puerto Santa Cruz** y su área de influencia para 2016 en el cual está espacializado el **Modelo de Gestión de la Pesca de pequeña Escala con un Enfoque Ecosistémico (MGPEP)** teniendo en cuenta un **Programa de Manejo Integrado de la Zona Costera (MIZC)**.

La planificación para el manejo adaptativo en el tiempo implica metas a largo plazo, y mecanismos flexibles para alcanzarlos.

Para el manejo o gestión de la pesquería de pequeña escala en el ámbito del estuario del río Santa Cruz y su zona de influencia se propone un enfoque ecosistémico asociado a un Programa para el Manejo Integrado de la Zona Costera (MIZC) adyacente al estuario de Puerto Santa Cruz.

Se concibe este programa dentro de un **Plan Estratégico de Desarrollo Territorial (PET)** considerando que el ordenamiento del territorio es la disposición del uso de las distintas porciones del territorio según un objetivo rector. Es la expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda la sociedad, con multitud de objetivos, entre ellos el desarrollo socioeconómico y equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, y por último, la utilización racional del territorio.

Se consideran como herramienta de análisis el Sistema de Información Geográfica (SIG), el Sistema de Información Territorial (SIT), el Análisis DAFO para a partir de establecer el Diagnóstico de la Dimensión Ambiental, el



Diagnóstico de la Dimensión Urbana Territorial, el Diagnóstico Económico y el Diagnóstico Social.

Resultados

La aplicación del Modelo de Gestión Ecosistémico aplicado a la pesquería de pequeña escala en el ámbito de la provincia de Santa Cruz ha permitido hasta el presente caracterizar el ecosistema estuarino y de bahías en donde se efectúa la actividad de extracción comercial del recurso pesquero por parte de los pescadores artesanales manuales costeros. Así mismo se han obtenido datos importantes para avanzar en la determinación de la abundancia relativa del recurso. Se ha podido caracterizar al detalle la actividad pesquera de pequeña escala en la región con énfasis en las épocas reproductivas, las zonas de pesca, los principales puertos de desembarque de las capturas así como las artes y métodos de captura aplicados.

Desde el punto de vista económico se ha podido maximizar el valor agregado del producto pesquero de la pesquería artesanal incorporando innovación tecnológica para mejorar la producción de alimentos de origen pesquero en la región a través de la creación de un centro comunitario de producción de conservas de pescado cuyos principales beneficiarios han sido los pescadores artesanales y sus familias. A partir de ello se ha logrado establecer nuevos canales de comercialización de los productos a nivel regional y nacional a la vez que difundir las bondades de los productos pesqueros regionales capacitando a los pescadores artesanales.

Discusión

La pesca de pequeña escala en la provincia de Santa Cruz se encuentra escasamente desarrollada. Si bien está presente en todas las localidades costeras, la magnitud de las capturas, la escasa infraestructura instalada específicamente para el sector, la falta de continuidad en la actividad de los pescadores, el escaso valor de mercado de las especies capturadas, y la dificultad de los pescadores para acceder a mercados adecuados, entre otros factores, califican a esta actividad como una actividad incipiente, de bajo aprovechamiento.

A través del Modelo de Gestión de Manejo Ecosistémico Pesquero se espera poder llegar a implementar un programa para el desarrollo sustentable de la pesca de pequeña escala como una herramienta importante para el definitivo afianzamiento de la actividad con el convencimiento de que puede posicionarse como un impulsor del desarrollo local.

A partir de la ejecución en su etapa inicial, el Modelo ha permitido superar exitosamente algunas de las debilidades encontradas que suponían un desafío científico tecnológico.



Es así que los pescadores artesanales manuales costeros cuentan en la actualidad con la infraestructura básica para poder desarrollar la actividad desde la captura hasta la elaboración y comercialización de los productos terminados.

Cada objetivo del Modelo pretende contribuir al desarrollo local y la inclusión social, aportando a la creación de un escenario propicio para que los pescadores artesanales y sus familias puedan mejorar su calidad de vida y convertirse en micro-emprendedores.

Este Modelo ha logrado desde el año 2006 hasta la fecha construir un atractivo escenario en torno a la pesca artesanal brindando herramientas de desarrollo a la sociedad local y respetando los principios de sostenibilidad con un enfoque ecosistémico aunando criterios ambientales, económicos, sociales y político-jurídicos que han sido la premisa básica desde los inicios de este trabajo.

Referencias

- Alex Fergusson. La cuestión Ambiental y el Desarrollo Endógeno. Laboratorio de Socioecología. Facultad de Ciencias –UCV- Venezuela.
- Burnett, K.A. (2000). Taste of Tradition: A critical examination of the relationship between heritage, food and tourism promotion in Scotland. Organización Mundial del Turismo. Local Food Ando Tourism International Conference. Larnaka, Chipre 9-11 November 2000.
- Defeo O, Horta S, Carranza A, Lecardi D, de Álvarez A, Gómez J, Martínez G, Lozoya JP, Celentano (2009). Hacia un Manejo Ecosistémico de Pesquerías. Áreas Marinas Protegidas en Uruguay. Facultad de Ciencias – DINARA, Montevideo, 12 pp.
- FAO (2006). Aplicación práctica del enfoque de ecosistemas en la pesca. Roma 2006.
- FAO (2010). La Ordenación Pesquera. 2. El enfoque ecosistémico de la pesca. 2.2. Dimensiones humanas del enfoque ecosistémico. FAO. Orientaciones Técnicas Para La Pesca Responsable. Vol. 4. Supl. 2. Add. 2. Roma. 2010.
- FAO (2006). Principios y enfoques de manejo pesquero.
- Fischer Johanne (2013). La Caja de Herramientas de la FAO para la aplicación del enfoque ecosistémico al manejo de las pesqueras. FAO. Roma. Frente Marítimo Vol. 23-23-28. 2013. www.fao.org/fishery/eaf-net/topic/166272/en
- Lloreda Laura (2007). Estudios de Factibilidad Económica de Emprendimientos en Comunidades Vecinas al Parque Nacional de Monte León. Asesoramiento técnico para la Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA).
- Lloreda Laura (2008). Turismo en Puerto Santa Cruz, Una Propuesta de Desarrollo. Municipalidad de Puerto Santa Cruz, Provincia de Santa Cruz.
- Pellanda Luis y Lloreda Laura (2006). Evaluación de los recursos pesqueros costeros de Santa Cruz. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad, Subcomponente de Desarrollo Sustentable ML 03/04 GEF/BIRF. Subsecretaría de Pesca de la Provincia de Santa Cruz, Delegación de Puerto Santa Cruz.
- Pellanda Luis y Lloreda Laura (2008). Introducción al manejo Integrado de Zonas Costeras y Marinas. Evaluación de los recursos naturales de Puerto santa Cruz, un enfoque ecosistémico. Posgrado en Manejo Integrado de Zonas Costeras. FLACSO. 2008.



- Pellanda Luis, Lloreda Laura, Victoria Julio Cesar (2011). Plan Estratégico Territorial de Puerto Santa Cruz. PET-PSC 2016. Municipalidad de Puerto Santa Cruz. Provincia de Santa Cruz.
- Santesmases Mestre, M. (2009). Diseño y Análisis de Encuestas en Nivel Social y de Mercado. Madrid, España. Edic. Pirámide.
- Shepherd Gill (2006). El Enfoque Ecosistémico. Cinco Pasos para su Implementación. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. x+ 30 pp.
- William, G.Z. (2000). Investigación de Mercados-Oklahoma State University. Prentice-Hall Hispano Americana S.A.





Reproducción de langosta verde *Panulirus gracilis* en Ecuador

^{1,2}María Georgina Gluyas Millán, ³Jorge Andrés Moreira García, ³Fausto Cesar Arias Macías

¹Departamento Central de Investigación-Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), Manta, Ecuador

²SENESCYT-Prometeo, Ecuador

³Facultad de Ciencias Agropecuarias-ULEAM. Manta, Ecuador

E-mail: ggluyas@yahoo.com.mx

Resumen

Se presenta una revisión de la reproducción de la langosta verde *Panulirus gracilis* a lo largo de su distribución geográfica, de México a Perú, con énfasis en la actividad reproductiva de la langosta en Ecuador. Como indicador de la reproducción se utilizó la frecuencia mensual de hembras ovígeras (HO) en un ciclo anual con el fin de determinar el periodo de mayor incidencia, y se asoció con la temperatura superficial del mar (tsm). La información se obtuvo de una revisión de la literatura disponible. Los resultados indicaron presencia de HO durante el año, a lo largo de su distribución geográfica. Tal comportamiento fue consistente en once ciclos anuales en Ecuador. Cada ciclo mostró de uno a tres máximos de HO, sugiriendo variación interanual del patrón reproductivo. Algunos máximos coincidieron con un aumento de la tsm. La actividad reproductiva se registró entre 20 y 29,3 °C, y el hábitat de la langosta estuvo asociado a zonas de convergencia de corrientes oceánicas. El intervalo de la tsm fue más amplio en los extremos de la distribución, y disminuyó hacia el Ecuador. La veda del crustáceo en Ecuador, de enero a junio, protege entre 41 y 60% de HO. Convendría revisar y evaluar la efectividad de los controles de la pesca de langosta verde en Ecuador (veda y talla mínima de captura), y conocer el grado de sustentabilidad de su pesca. Un mejor entendimiento se lograría con el conocimiento de la dinámica poblacional en términos de tallas, fecundidad y reproducción a lo largo de la costa, y con una evaluación de la selectividad de las artes de pesca.



Palabras clave

Langosta verde, *Panulirus gracilis*, Ecuador, reproducción

Introducción

Se presenta una revisión de la reproducción de langosta verde *Panulirus gracilis*. Especie que se distribuye en el Océano Pacífico Oriental, desde la costa sur occidental de la península de Baja California, México, hasta Paita, Perú, incluyendo Islas Galápagos y Golfo de California (Holthuis y Villalobos 1961; Chapa 1963; 1964). El conocimiento de la reproducción de langostas objeto de pesca, es importante ya que algunas medidas de control de su captura, están basadas en proteger el periodo de reproducción (Phillips y Sastry 1980; Phillips *et al.* 2013) y el tamaño de los organismos. El caso de Ecuador no es la excepción, donde la langosta verde es una de las varias especies que captura la pesca artesanal (Cun y Campos 1993). Su importancia es relevante en términos de valor (Murillo *et al.* 2013) más que en volumen. Aunque se desconoce la magnitud de su captura y esfuerzo de pesca.

Respecto a los controles de la pesca de *P. gracilis*, para proteger el stock reproductor y el reclutamiento, a través de una veda y una talla mínima de captura, Figueroa y Mero (2013) y Murillo *et al.* (2013) recientemente han señalado que el periodo de veda debiera cambiarse porque se captura una alta incidencia de HO, y langosta de tallas menores a la permitida. Adicionalmente Murillo *et al.* (2013) observa y comenta que existe escasa diferencia entre las tallas actuales de la langosta verde, y de otras épocas. Estas observaciones, específicamente la reproducción, las retomamos para analizarlas a partir de la información disponible. El objetivo fue conocer el periodo de actividad reproductiva de *P. gracilis* a lo largo de su distribución geográfica, poniendo énfasis en la langosta de Ecuador. Se tomó como indicador de la reproducción, la incidencia mensual de hembras con masa ovígera (HO) de cinco sitios geográficos, y se relacionaron con el promedio mensual de la temperatura superficial del mar (tsm), y el periodo de veda, poniendo énfasis en la información de Ecuador. Se utilizó la temperatura, porque es uno de varios factores ambientales que estimula, y dispara el crecimiento y la reproducción de los organismos (Waddy *et al.* 1995), aunque a temperaturas >25°C, como ambientes cercanos al Ecuador, es escaso el conocimiento de preferencias de temperatura y sus efectos en el crecimiento y reproducción de langostas tropicales. Así, entonces la revisión se extendió a México, Costa Rica, Panamá, y Perú, y se contrastaron los resultados.



Materiales y métodos

Se dispuso de literatura para documentar, revisar y contrastar la actividad reproductiva de la langosta verde en un ciclo anual y a lo largo de su distribución latitudinal. Se tomó como indicador de esa actividad la incidencia mensual de HO de: Mazatlán, México; Guanacaste, Costa Rica; Golfo de Montijo, Panamá, Salinas, Chanduy y Anconcito, Ecuador; y Paita, Perú. La cual se asoció con la tsm, no obstante que un mejor indicador sería la temperatura de fondo, porque el crustáceo habita zonas rocosas de 5 a 40 m de profundidad (Lindberg 1955; Chapa 1964), donde son accesibles al buceo, y operan trasmallos y redes de enmalle, las artes de pesca que usan para langosta (Castro y rosero 1993). Sin embargo, no se dispuso de esa información. La distinción de sexos, se hizo de acuerdo a los caracteres anatómicos externos, como: pleópodos, quinto periópodo, cefalotórax y abdomen. Para conocer la variación de la tsm a lo largo de Ecuador, se estimó el promedio mensual en cuatro sitios distribuidos latitudinalmente: Esmeraldas, Manta, Libertad y Puerto Bolívar. Se usaron datos de 1980 a 2014 proporcionados por INOCAR¹. La información de langosta de Ecuador, proviene de la península de Santa Elena, de Salinas, Chanduy y Anconcito, y corresponden a once ciclos anuales de 1962-1963 y de 1970 a 1979 de Loesch y López (1966) y de Cun y Campos (1993), respectivamente. Información de línea base de *P. gracilis*. Una de las más completas de la distribución del crustáceo, obtenida por el Instituto Nacional de Pesca de Ecuador. Los otros sitios geográficos estuvieron representados por uno a tres ciclos anuales de frecuencia mensual de HO y la tsm se tomó de la literatura disponible, su fuente se indica en los resultados. En algunos casos se infirió el comportamiento de *P. gracilis* con información de *P. inflatus*, de la cual se dispone de más información. El término ovígera se refiere a la presencia y apariencia externa de la masa con huevos adherida al abdomen. De acuerdo a la escala de Cruz (2002), se consideran HO los estadios: III masa de huevos color naranja brillante, IV masa de huevos color naranja oscuro, y V masa de huevos color café.

Resultados

El extremo norte de la distribución de la especie, estuvo representado por Mazatlán, México (Fig. 1). Con tres ciclos anuales, que muestran dos máximo de HO al año. Uno de marzo a mayo, que coincide con la tsm menos cálidas, y otro de agosto a octubre cuando asciende. El intervalo de la tsm en ese sitio, fue amplio, alcanza 9°C, y la incidencia de HO varió de 20% a 100%. Mientras que

¹ INOCAR: www.inocar.gob.ec



al sur, en Guancaste, Costa Rica y Golfo de Montijo, Panamá, fue de 30 a 63%, y de 50 a 100%, respectivamente (Fig. 2 y 3). Una actividad reproductiva elevada todo el año, no se observó una moda predominante. La tsm en Costa Rica fue más estable a lo largo del año, mientras que en Panamá se mantuvo elevada de junio a noviembre. Ecuador está representado por once ciclos anuales de HO (Fig. 4), en los cuales se advierte la presencia de uno a tres máximos. La ocurrencia de dos máximos fue más frecuente, y los meses en que esos máximos ocurrieron, varió entre años. Pero fue más usual en marzo y septiembre. Al contrastar los ciclos anuales de HO (Fig. 4) de los diferentes años, se observó variación interanual. Se eligió la tsm de la estación Libertad porque es el sitio donde proviene la información de HO. Allí, el intervalo de la tsm fue más amplio ($\sim 5^{\circ}\text{C}$) respecto a: Esmeraldas, Manta y Puerto Bolívar (Fig. 5). La tsm más cálida fue de diciembre a abril, y la menos cálida de julio a octubre. En Tumbes, Perú el intervalo de la tsm fue $\sim 7^{\circ}\text{C}$ (Fig. 6), amplio como en Mazatlán ($\sim 9^{\circ}\text{C}$), que son los extremos de la distribución. Las HO en Perú mostraron un máximo de diciembre a marzo, cuando la tsm inicia un ascenso y alcanza un máximo en marzo.

En general, los resultados (Fig. 1 a 4, y 6), mostraron actividad reproductiva todo el año, a lo largo de la distribución del crustáceo. Así como variación de los niveles de esa actividad, con uno, dos y hasta tres máximos de HO en un ciclo anual, y un desfase en los meses en que ocurren esos máximos, entre años. Lo cual se traduce en variación interanual del patrón reproductivo de la especie.

El intervalo de la tsm fue más amplio en los extremos de la distribución, y se reduce conforme se acerca al ecuador. Allí, se puede distinguir que en un ciclo anual, ocurre un periodo de temperatura cálida y otra menos cálida. En el hemisferio norte, el primero es de junio a noviembre, y en el hemisferio sur de diciembre a junio. En Ecuador uno de los máximos de HO coincide, en algunos años (Fig. 5) con un periodo de tsm menos cálido. En la tabla 1 se resume información de los periodos de mayor actividad reproductiva, el intervalo y el promedio de la tsm, los controles de captura de la langosta verde en Perú, Ecuador, Panamá, Costa Rica, y México, y la fuente de información.

En Ecuador, donde el periodo de veda de langosta verde es del 15 de enero al 15 de junio², de acuerdo con la Figura 4, en ese periodo se protegería entre 41 y 60% de HO. Si se amplía de enero a julio, o de enero a agosto, se protegería entre 42 y 68%, y entre 45 y 79%, respectivamente. Con lo cual no parece haber un cambio relevante.

² <http://www.viceministerioap.gob.ec/subpesc91-acuerdo-ministerial-n-182-langosta.html>



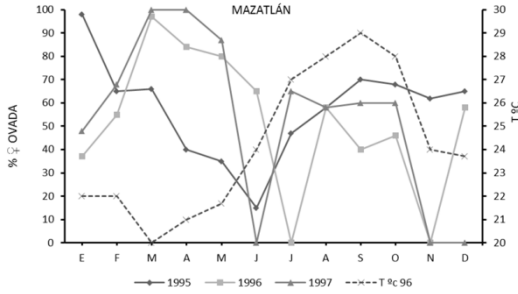


Figura 1. Distribución de frecuencias de hembras ovígeras de langosta verde de Mazatlán, Sinaloa, México, y temperatura superficial del mar. Modificado de Arzola-González *et al.* (2007).

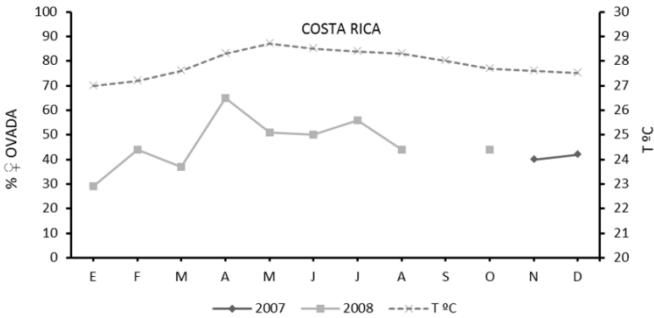


Figura 2. Distribución de frecuencias de hembras ovígeras de langosta verde de Costa Rica, modificado de Naranjo Madrigal (2011, 2012). Temperatura superficial del mar tomada de Smith *et al.* (2008).

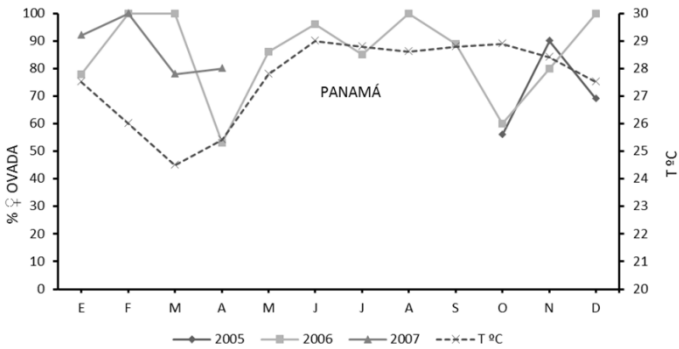


Figura 3. Distribución de frecuencias de hembras ovígeras de langosta verde de Panamá, y temperatura superficial del mar. Tomado de Vega *et al.* (2013).



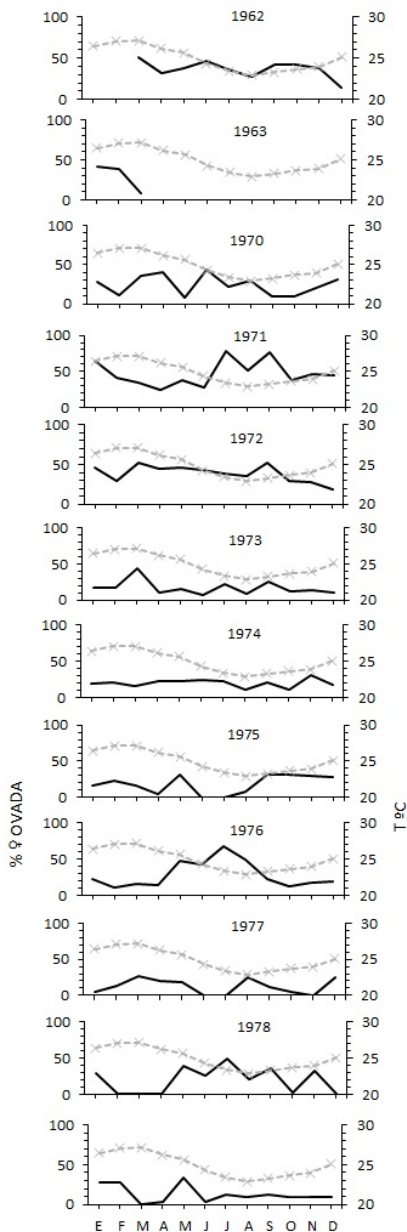


Figura 4. Distribución de frecuencias de hembras ovígeras de langosta verde de Santa Elena, Ecuador, de 1962 y 1963 tomada de Loesch y López (1966), y de 1970 a 1970 tomada de Cún y Campos (1993). La temperatura superficial del mar es de la estación Libertad, proporcionada por INOCAR.



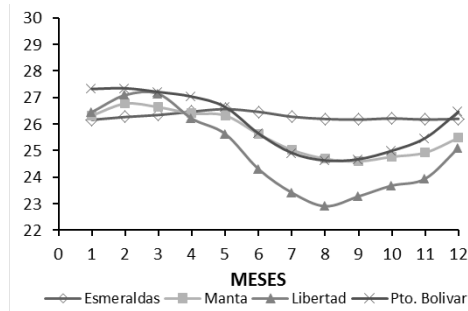


Figura 5. Promedio de la temperatura superficial del mar de Esmeraldas, Manta, Libertad y Pto. Bolívar, de 1980-2014. Proporcionado por INOCAR-Ecuador.

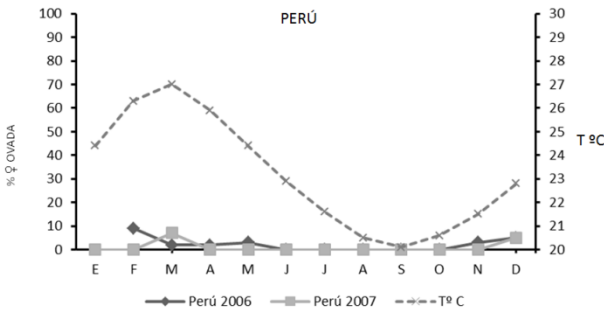


Figura 6. Distribución de hembras ovígeras de langosta verde de Tumbes, Perú, y temperatura superficial del mar. Tomada de Ordinola *et al.* (2013).

Discusión

Con la presencia de HO a lo largo del año, y hasta tres máximos en un ciclo anual, se infiere actividad reproductiva todo el año, y una variación del patrón reproductivo a lo largo de su distribución latitudinal. En Ecuador, donde se dispone de mayor información, se observó la variación interanual de HO. En la costa suroccidental de la península de Baja California, se reporta que *P. inflatus* tendría un patrón de dos periodos de reproducción en el año, y se infiere un comportamiento similar para *P. gracilis* (Vega *et al.* 2005)³. Una reflexión similar se aplicaría en otros sitios al sur de México. También, se ha documentado que ambas especies tienen desoves múltiples en el año (Briones-Fourzán *et al.* 1981; Gracia 1985; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 1992; Torres Zepeda *et*

³ Vega Velázquez A., G. Espinoza Castro, A. del Valle Manríquez, y R. Ayala Murillo. 2005. Diferencias en la reproducción de langosta roja y azul en la costa occidental de Baja California Sur. Reunión Técnica de Langosta del Pacífico. Instituto Nacional de Pesca-SAGARPA. La Paz, BCS, México.



al. 2008; Velázquez-Abunader *et al.* 2010). Para *P. gracilis*, de costas mexicanas, se reporta variación de la fecundidad durante el año (Azpeita y Cervantes 1995). Atribuible a la disponibilidad y abundancia de langostas de diferentes tamaños (Torres *et al.* 2008). Esto dificulta definir un periodo de veda que proteja de manera efectiva la mayor parte de la población reproductora. Por ejemplo, en Ecuador, la veda del 15 de enero al 15 de junio, protege de 41 a 60%. Si fuera del 15 enero al 15 agosto, protegería de 45 a 79%. Al ampliarla se observa que aumenta alrededor de 4 a 89% el porcentaje de la población reproductora que se protege. Sin embargo, se desconoce si ese aumento es significativo, su impacto en la población, y la variación de la disponibilidad del recurso durante el año a lo largo de la costa de Ecuador. No hay registros de captura y esfuerzo de pesca de langosta, ya que es una de las varias decenas de especies que captura la pesca artesanal. Por lo que un cambio del periodo de veda, aunque es evidente su necesidad, debiera analizarse con más elementos técnicos, como: tamaño de los organismos en reproducción, fecundidad, y selectividad del arte de pesca.

Temas que proveerían un mejor entendimiento sobre qué tan efectivos son los controles de la pesca de langosta verde en Ecuador.

Sin descartar la necesidad de reflexión y análisis de la selectividad de las artes de pesca (trasmallos y redes de enmalle) que se usan para pescar langosta, como vía para entender por qué se captura una elevada incidencia de individuos menores a la talla mínima de captura (25 cm LT). Situación referida que sucede en la pesca de langosta de Ecuador desde 1934 (Loech y López 1966; Campos 1993; Cun y Campos 1993; Correa *et al.* 1994; Murillo *et al.* 2013; Figueroa y Mero 2013). El conocer la dinámica poblacional en términos de tallas, podría explicar parte de la variación de HO a lo largo del año (Fig. 1-4), ya que la reproducción podría ser más dependiente del tamaño en algunos invertebrados (Peters 1983). Los máximos reproductivos estarían relacionados a la presencia de diferentes cohortes, y/o a temperaturas cálidas. También, alcanzar cierto tamaño a un tiempo determinado, está ligado a la herencia y a factores ambientales (Hedgcock 1986). El inicio de la madurez es influenciado por el ambiente, y tiende a ocurrir a tamaños más pequeños, y a temprana edad en aguas más cálidas (Waddy *et al.* 1995). En esas condiciones generalmente aumenta la frecuencia de muda y se afecta el incremento de crecimiento entre mudas. Una elevada actividad reproductiva en temperatura cálida, acelera el desarrollo de los huevos, que resulta en un periodo de incubación más corto (Berry 1971). Aunque la temperatura no es el único factor ambiental involucrado en la reproducción.

Lo anterior es relevante en el contexto del manejo del recurso. Al respecto Gluyas Millán *et al.* (2014)⁴ propuso, como principio de orden y control, la delimitación de dos zonas de pesca de langosta verde en la costa de Ecuador

⁴ Gluyas Millán M.G., S. Zurita Alfaro & D. Macías Mayorga. 2014. Zonas de pesca de langosta verde *Panulirus gracilis* (Streets 1871) en la costa de Ecuador. En: memorias del 13 th Summer Institute of the PRSCO 2014. Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador, 23-25 julio 2014.



continental. Bajo la hipótesis que *P. gracilis* mostraría una variación espacial en disponibilidad, inicio, duración y talla de reproducción a lo largo de la costa ecuatoriana. La delimitación de esas zonas estaría influenciada por la geomorfología, hábitat, y corrientes oceánicas y sus características. De manera que cada zona de pesca conciliaría características biológicas (reproducción) y ambientales homogéneas (temperatura del mar), y de manejo. Un comportamiento que exhiben especies del mismo género (Vega *et al.* 2003) en zonas menos cálidas, pero con características similares de convergencia de corrientes oceánicas.

Se destaca entonces, que identificar patrones poblacionales ayuda a revelar mecanismos biológicos que contribuyen al ordenamiento espacial de recursos. Una mejor comprensión se lograría con el conocimiento de la dinámica poblacional en términos de tallas, fecundidad y reproducción de langosta verde a lo largo de la costa, y evaluar la selectividad de las artes de pesca. Es conveniente revisar y evaluar la efectividad de los controles de su pesca en Ecuador (veda y talla mínima de captura).

Tabla 1. Información de la temperatura superficial del mar (tsm) y periodo de máxima incidencia de hembras ovígeras de langosta verde en un ciclo anual en diferentes sitios geográficos.

| Sitio geográfico | Intervalo de tsm °C | Promedio de tsm °C | Máximo(s) de hembras ovígeras | Observaciones | Fuente |
|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|---|---|
| Perú (Tumbe) | 20-27 | 25.2 | De noviembre a marzo | Presencia incipiente de hembras ovígeras. | Ordinola et al. 2013 |
| Ecuador (Santa Elena) | 22.9-27.1 | 24.9 | Marzo y septiembre | Observaciones de once años. Medidas de control: talla mínima de captura 25 cm Lt y veda del 15 de enero al 15 de junio (MAGAP) ⁵ | Loesch y López (1966), Cun y Campo (1993) |
| Panamá (Golfo de Montijo) | 25.8-29 | - | Julio y octubre | Medidas de control: permiso de pesca para langosta; captura de individuos de 60 mm LC o 120 mm longitud de cola; peso mínimo 2 onzas de cola; se prohíbe pesca con arpón, buceo autónomo y posesión de hembras ovígeras | Vega <i>et al.</i> (2013) |

⁵ MAGAP <http://www.viceministerioap.gob.ec/subpesca1851-magap-establece-seis-meses-de-veda-para-la-langosta.html>



Tabla 1. Continuación...

| Sitio geográfico | Intervalo de tsm °C | Promedio de tsm °C | Máximo(s) de hembras ovígeras | Observaciones | Fuente |
|-------------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------|---|---|
| Costa Rica (Guanacaste) | 27.2-28.7 °C | | Abril, julio | Medidas de control: Se prohíbe capturar hembras ovígeras, y organismos <80 mm LC. | Naranjo Madrigal (2011, 2012). Smith <i>et al.</i> (2008) |
| México (Mazatlán) | 20-29 °C | | Marzo y septiembre | Medidas de control: zonificación espacial con veda en tiempo diferente. Zona III, donde se distribuye la especie, veda del 1 de mayo al 31 de octubre (DOF-24 sept. 2014) ⁶ ; talla mínima de captura 82.5 mm LC en el norte y en el sur 75 mm LC. | Pérez <i>et al.</i> (1992) Arzola <i>et al.</i> (2007) |

Conclusiones

- P. gracilis* registró actividad reproductiva durante todo el año a lo largo de su distribución geográfica, con uno a tres máximos de hembras ovígeras.
- Un ascenso de la tsm se asoció a un máximo de hembras ovígeras en la mayoría de los sitios representados, pero también se observó lo contrario.
- De 20 a 29,3 °C se registró presencia de hembras ovígeras.
- De acuerdo a la veda en Ecuador, del 15 de enero al 15 de junio, se estaría protegiendo de 41% a 61% de hembras ovígeras.
- Se identifica como relevante, conocer la dinámica de la estructura de tallas de la población de langosta verde a lo largo de la costa de Ecuador, en términos de fecundidad y reproducción, y evaluar la selectividad de las artes de pesca para revisar y ajustar los controles de su aprovechamiento.

Referencias

- Arzola-González, J.F., L.M. Flores-Campaña, M.A. Ortiz-Arellano & Y. Gutiérrez-Rubio. 2007. Captura y aspectos reproductivos de la pesquería de las langostas *Panulirus inflatus* y *P. gracilis* (Crustacea: Decápoda) en el sur de Sinaloa, México. *Ciencia y Mar*, 11(31): 15-22.

⁶ DOF. Diario Oficial de la Federación del 24 de septiembre de 2014. Acuerdo por el que se modifica el similar por el que se establecen las épocas y zonas de veda de la langosta azul (*Panulirus inflatus*), langosta verde (*Panulirus gracilis*) y langosta roja (*Panulirus interruptus*), en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California, publicado el 31 de agosto de 2005.



- Azpeitia H.A. & B.J. Cervantes. 1995. Fecundidad de la langosta *P. gracilis* Street 1871, en las costas del sur de Sinaloa, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa 62 pp.
- Berry P.F. 1971. The biology of the spiny lobster *Panulirus homarus* (Linnaeus) off the east coast of southern Africa. S. Afr. Oceanogr. Res. Inst., Invest. Rep. 28. 1-75.
- Briones-Fourzán P., E Lozano-Álvarez, A. Martínez & A.S. Cortés. 1981. Aspectos generales de la biología y pesca de las langostas en Zihuatanejo, Guerrero, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México 8(1): 79-101.
- Briones-Fourzán P. & E. Lozano-Álvarez. 1992. Aspects of reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *P. gracilis* Streets (Decapoda: Palinuridae) from the Pacific coast of Mexico. Journal of Crustacean Biology 12: 41-50.
- Campos J. 1993. Informe sobre la situación actual de la langosta en la región insular y continental del Ecuador. Departamento de Ecología Marina. Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil, Ecuador. 7 p.
- Castro R. y J. Rosero. 1993. Artes de pesca artesanales de la costa del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca. Boletín Científico y Técnico. Vol. XII, No.9, 67 p.
- Chapa Saldaña H. 1963. La pesquería de langostas del Pacifico mexicano. Dirección General de Industrias Conexas. México. Serie de trabajos de divulgación, Vol. VII, No. 6, pp 1-13.
- Chapa Saldaña H. 1964. Contribución al conocimiento de las langostas del Pacifico mexicano y su pesquería. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico-Pesqueras. Secretaria de Industria y Comercio. México. 68 p.
- Correa J., M. Herrera, G. Villareal, y J. Campos. 1994. Informe sobre el recurso langosta en la región insular y continental del Ecuador. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador. 7 p.
- Cruz, R. (2002). *Manual de métodos de muestreo para la evaluación de las poblaciones de langosta espinosa*. Documento Técnico de Pesca. No. 399. Roma, Italia: FAO.
- Cun M. & J. Campos. 1993. Estudio de las capturas comerciales de *Panulirus gracilis* (langosta verde) del noroestes del Golfo de Guayaquil (1970-1979). Bol. Cient. Tec. 12. Instituto Nacional de Pesca Ecuador. pp. 1-19.
- Figueroa J. y D. Mero. 2013. Talla de captura y reproducción de la langosta verde *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en la costa de Manabí, Ecuador. Rev. Biol. Trop. Vol 61(3):1189-1199.
- Gracia G.A. 1985. Variaciones estacionales en la fecundidad de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) (Crustacea:Decapoda: Palinuridae). Ciencias Marinas 11: 7-27.
- Hedgecock, D. 1986. Is gene flow from pelagic larval dispersal important in the adaptation and evolution of marine invertebrates? Bulletin of Marine Science 39:550-564.
- Holthuis LB & A Villalobos. 1962. *Panulirus gracilis* Streets y *Panulirus inflatus* (Bouvier) dos especies de langosta (Crustacea: Decápoda) de la costa del Pacífico de América. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México 32: 251-462.
- Lindberg, R. G. 1955. Growth, Population Dynamics and Field Behavior in the spiny lobster *Panulirus interruptus*. Univ. Calif. Pub. Zool. 157-248.
- Loesch H. & E. López. 1966. Observaciones sobre la langosta de la costa continental del Ecuador. Boletín Científico y Técnico. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador. 1(5): 1-30.



- Murillo Posada J.C., M. Oviedo Pincay, A. Loor Cedeño, & J. Candell Soto. 2013. Estado del recurso langosta verde *Panulirus gracilis*, y percepción de pescadores sobre las pesquerías de Anconito, Provincia de Santa Elena. Revista Científica Tecnológica Vol. 1(2):1-26. Universidad Estatal Península Santa Elena. Ecuador. http://www.incyt.upse.edu.ec/revistaupse2/index.php?option=com_content&view=article&id=169%3Alangosta-verde&catid=61%3Aarticulos-volumen-2&Itemid=135
- Naranjo Madrigal H. 2011. Biología pesquera de la langosta *Panulirus gracilis* en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 59 (2): 619-633.
- Naranjo Madrigal H. 2012. Patrón reproductivo y talla media de madurez sexual de hembras de la langosta *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Playa Lagarto, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 60 (4): 1783-1793.
- Ordinola E., Alemán S. & Montero P. 2013. Biología y pesquería de cuatro especies de invertebrados marinos de importancia comercial. Región Tumbes, II Etapa-2007. Inf. Inst. Mar Perú, Vol. 40(3-4):254-273.
- Pérez-González R, L Flores-Campaña, AM Nuñez-Pasten & A Ortega-Salas. 1992. Algunos aspectos de la reproducción en *Panulirus inflatus* (Bouvier) y *P. gracilis* Streets (Decapoda: Palinuridae) en el Sureste del Golfo de California, México. Investigaciones Marinas, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas 7: 26-33.
- Peters, R. H. 1983. The Ecological Implications of Body Size. Cambridge University Press, New York, NY.
- Phillips B.F. and Sastry A.N. 1980. En: Cobb J.S. & Phillips B.F. (eds). Larval Ecology. The Biology and Management of Lobster, vol. II, Ecology and Management 11-57: New York: Academic Press.
- Phillips, B. F., R. Melville-Smith, Kay, M. C. & Vega-Velázquez, A. 2013. *Panulirus* Species, in Lobsters: Biology, Management, Aquaculture and Fisheries, Second Edition (ed. B. F. Phillips), John Wiley & Sons, Ltd, Oxford, UK. doi: 10.1002/9781118517444.ch10
- Smith, T.M., R.W. Reynolds, T.C. Peterson & J. Lawrimore. 2008. Improvements to NOAA's Historical Merged Land-Ocean Surface Temperature Analysis (1880-2006). J. Climate 21: 2283-2296.
- Torres Zepeda M.G., J.C. Zepeda Castillo, J.A. Meza García, A. Solís Hernández & M. Villalejo Fuerte. 2008. Reproducción de hembras de la langosta *Panulirus inflatus* (Bouvier, 1895) en el litoral del Pacífico de México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(1):129-136.
- Vega V.A. 2003. Reproductive strategies of the spiny lobster *Panulirus interruptus* related to the marine environmental variability off Central Baja California, México: Mangement implications. Fish. Res. 65:123-135.
- Vega Á. J. Robles & D. Gil. 2013. Biología y pesquería de *Panulirus gracilis* (Streets, 1871) (Decapoda: Palinuridae) en el Pacífico Occidental de Panamá. Rev. Mar. Cost. ISSN 1659-455X. Vol. 5: 9-24.
- Velázquez-Abunader J.I., M. Villalejo-Fuerte & A. Tripp-Quezada. 2010. Fecundidad y proporción de sexos de *Panulirus inflatus* en la costa occidental del Golfo de California, México. Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1): 71-76.
- Waddy, S. L., D.E. Aiken, & D.P.V. Dekleijn. 1995. Control of growth and reproduction. In Biology of the Lobster *Homarus americanus* (ed. J. P. Factor), pp. 217–259. Boston, Academic Press.



La Corriente Cromwell y su influencia en la pesquería de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*)

Luis Icochea¹, Gandy Rosales¹, Luis Mc Callock¹, Eddy Reyes²

¹Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

²Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú

E-mail: licochea@lamolina.edu.pe

Resumen

Se analizan datos relacionados a la velocidad de la Contra Corriente Ecuatorial Subsuperficial conocida también como la Corriente Cromwell (en inglés Equatorial Undercurrent EUC), a lo largo de su trayectoria en la Línea Ecuatorial hasta llegar cerca de Galápagos y posteriormente a la Costa Norte del Perú, relacionándose los cambios bruscos de velocidad y su relación con la distribución de la merluza en Perú, incluyendo una reducción brusca de su talla promedio entre febrero y mayo de 1992. Utilizando toda la información disponible de correntómetros ubicados en 5 boyas por más de 20 años, se observaron en varias oportunidades marcados pulsos, los que influyeron mucho en la distribución y abundancia relativa de la merluza frente a Ecuador y Perú. Estos pulsos de la EUC son muy fuertes al inicio de los eventos El Niño antes de que lleguen las aguas cálidas a las costas sudamericanas en la etapa cálida. Cuando estas aguas arriban a las Costas Sudamericanas, la Corriente prácticamente desaparece durante periodos entre 1 y 3 meses para luego iniciar la fase fría llamada La Niña, la Corriente se debilita con velocidades por debajo del promedio o se hace más superficial, afectando la oxigenación de la zona subsuperficial frente a la costa sudamericana, lo que influye en el dispersamiento de los cardúmenes debido a que estos se pueden hacer pelágicos o dirigirse hacia el norte de sus zonas tradicionales. Al final se explica la notoria recuperación del recurso merluza en relación a la situación que se vino observando desde mediados de 1992, y en especial entre los años 2002-2010. Esto ha sido comprobado en el último crucero de recursos demersales llevado a cabo en junio del 2014. Esta recuperación guarda mucha relación con cambios marcados del régimen de la Corriente Cromwell en años recientes.



Palabras clave

Corriente Ecuatorial Subsuperficial, El Niño, La Niña, recurso merluza.

Introducción

En el año 1952 Townsend Cromwell experimentaba con correntómetros a la deriva tratando de relacionar el comportamiento de la Corriente Ecuatorial Sur (CES) a lo largo de la Línea Ecuatorial, la cual es superficial, se alimenta de la Corriente Humboldt y se traslada hacia el Oeste desde Sudamérica. Grande fue su sorpresa cuando encontró que existía una rápida Corriente subsuperficial que se trasladaba en sentido contrario hacia Sudamérica a una velocidad de 3 a 4 veces más que la CES (Cromwell 1954).

Posterior a esa fecha se han hecho una serie de estudios donde se explica el mecanismo que origina esta Corriente denominada la Contra Corriente Ecuatorial Sub Superficial (CCESS), la cual se debe al Gradiente de Presión originado por el apilamiento de las Aguas al otro lado del Pacífico (Knauss 1960, Khanaichenko 1980, Icochea y Rojas 2001). Esta CCESS luego de la muerte accidental de T. Cromwell fue llamada Corriente Cromwell (CC).

La Merluza (*Merluccius gayi* peruanus) es la principal especie demersal que se distribuye en fondos por lo general entre 50 y 250 m de profundidad, comprendida desde la zona central y sur de Ecuador hasta la zona norte de Perú. Su explotación a gran escala por parte de la flota arrastrera Factoría Polaca y Cubana inició a principios del año 1973, frente a la Costa Norte de Perú, luego de un detallado estudio científico realizado por la embarcación Rusa Profesor Metsiatsev frente a casi toda la Costa Peruana entre el segundo semestre de 1971 y 1972.

Durante los cerca de 40 años de explotación de la merluza en Perú, han ocurrido muchas fluctuaciones respecto a su abundancia e incluso variaciones bruscas de la talla promedio, como por ejemplo en 1992, cuando la longitud media se redujo 11 cm en 2 meses, lo cual no ha podido ser explicado por sobrepesca, sino como variación de las condiciones oceanográficas, enfatizando la influencia de las fuertes variaciones de la Contra Corriente Ecuatorial Subsuperficial (CCESS) o Corriente Cromwell y su Ramal Costero.

En la presente publicación se analizarán las fuertes variaciones que se observan en la corriente Cromwell y la influencia de estos en la distribución del recurso merluza durante los periodos enero-julio de los años 1988 y 1990, así como, la variación brusca de las tallas en 1992 y durante las variaciones de la abundancia relativa y variación de las tallas en el periodo 2007-2014.



Materiales y métodos

Se emplearon los datos diarios de Correntómetros fijos y doppler de la NOAA para el análisis de las velocidades de la Corriente Cromwell en las boyas ubicadas a lo largo del Pacífico Ecuatorial como se muestra en la Tabla 1, con sus respectivos periodos de datos hábiles.

Se emplearon los datos de los cruceros de evaluación de los recursos demersales realizados por IMARPE tal como en la Tabla 2.

Tabla 1. Ubicación, periodo y tipo de correntómetro de las boyas de la NOAA a lo largo del Pacífico Ecuatorial.

| Ubicación de Boyas | Periodo de datos hábiles | Tipo de correntómetro |
|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 0°N 147°E | 1992-2010 | Doppler |
| 0°N 165°E | 1991-2012 | Doppler y Fijos |
| 0°N 170°W | 1988-2010 | Doppler |
| 0°N 140°W | 1990-2010 | Doppler |
| 0°N 110°W | 1991-2010 | Doppler |

Tabla 2. Cruceros de Evaluación de Merluza y otros demersales del 2007-2014.

| Año | Crucero | Biomasa |
|------|-------------------------------------|---------|
| 2007 | Cr 0701-02 BIC José Olaya Balandra | 143,450 |
| 2008 | Cr 0805-06 BIC José Olaya Balandra | 181,079 |
| 2009 | Cr 0906-07 BIC José Olaya Balandra | 89,000 |
| 2010 | Cr BIC José Olaya B. (no publicado) | 100,000 |
| 2011 | Cr BIC José Olaya B. (no publicado) | 50,000 |
| 2012 | Cr 1205-06 BIC José Olaya Balandra | 189,775 |
| 2013 | Cr 1305-06 BIC Humboldt | 275,772 |
| 2014 | Cr 1405-06 BIC Humboldt | 400,114 |

La Línea Oceanográfica realizada a lo largo de los 5° S frente a Paita, tanto por la embarcación arrastrera Santa Mónica III como por las embarcaciones científicas del IMARPE. Estas estaciones se hicieron cada dos semanas o cada mes entre febrero y octubre del 2015. Se tomaron datos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto.

Datos de la pesca diaria realizada por la embarcación arrastrera factoría Kinca durante los periodos enero - junio de 1988 y 1990, complementados por datos oceanográficos tomados en marzo o abril de dichos años.

Con los datos de la velocidad de la Corriente se calculó la profundidad donde se obtuvo la mayor velocidad y se le denominó el núcleo y se hicieron gráficos de la variación diaria o mensual de este. Con los datos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto se hicieron las respectivas secciones de dichos parámetros, enfatizando en la variación en profundidad de las isotermas dentro del rango 13°C-15°C, la que representan al Ramal Costero de la CC y a la profundización o ascenso de la isooxígena de 0.5 ml/l, la que se interpreta como la presencia del Ramal o la ausencia debido al efecto de Coriolis a lo largo de la Costa.



Resultados

Velocidades de la Corriente Cromwell a lo largo de la Línea Ecuatorial: En la Figura 1 se muestra la ubicación de todas las boyas de la NOAA sembradas en el Pacífico Ecuatorial, resaltando con círculos de colores distintos las 5 boyas con registros de correntómetros Doppler.

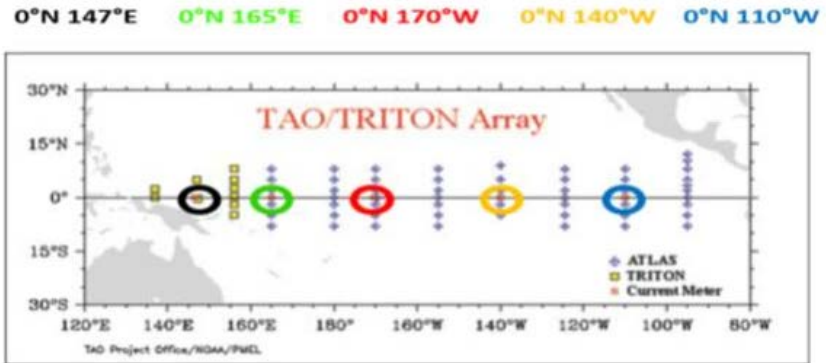


Figura 1. Ubicación geográfica de los correntómetros doppler y fijos en 5 boyas de la NOAA en estudio.

En la Figura 2 se muestra la profundidad aproximada de donde se obtuvo la mayor velocidad de la Corriente Cromwell representado por el promedio de la velocidad zonal “U” (eje X) desde el inicio de la toma de la toma de información por la boya hasta el 2010 y 2012 en algunos casos, en la Tabla 1 se especificó los periodos de datos hábiles de cada boya en estudio. Asimismo en la Tabla 3 se muestra los valores máximos de velocidad de la corriente con su respectiva profundidad.

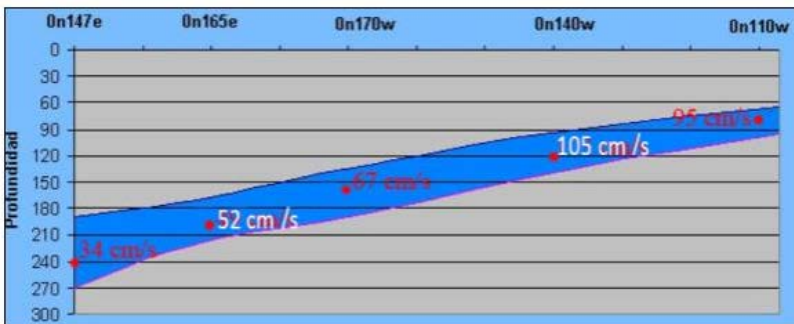


Figura 2. Esquema gráfico la Corriente Cromwell con sus promedio del núcleos de en las 5 boyas de estudio.



Tabla 3. Velocidades máximas y profundidad respectiva de la corriente Cromwell en las 5 boyas en estudio.

| Ubicación | 0°N 147°E | 0°N 165°E | 0°N 170°W | 0°N 140°W | 0°N 110°W |
|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Velocidad | 34 cm/s | 52 cm/s | 67 cm/s | 105 cm/s | 95 cm/s |
| Profundidad | 240 m | 200 m | 150 m | 110 m | 80 m |

Tanto en la Figura 2 como en la Tabla 3, se puede deducir que la Corriente Cromwell alcanza sus valores máximos dentro de la termoclina resaltada en azul, la cual es más profunda en los 147°E y más superficial en los 95°W. Esta corriente aumenta su velocidad de oeste a este, alcanzando su máximo valor en los 140°W, para luego disminuir levemente al llegar a los 110°W. Si bien no es claro el porqué de esta disminución de velocidad, no se descarta que pueda deberse a la presencia de un bajo al este de los 140°W. Cabe resaltar que por los altos valores que alcanza ésta corriente, desde las latitudes 2°S hasta los 2°N, un rango de profundidad de casi 200 metros y un recorrido de más de 14 mil kilómetros, esta corriente se convierte en la corriente subsuperficial más importante del mundo, la cual como veremos más adelante tiene grandes fluctuaciones en velocidad y en volumen de agua que transporta, que excede los 30 Sv (30 x 106 m3/s)

Influencia de la Corriente Cromwell en la Merluza Peruana

En las Figuras 3 y 4 se muestra la ubicación y la Variación de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en ton/hora de arrastre (t/h) en las diferentes Zonas de Pesca de Merluza obtenidas por el Barco Arrastrero Factoría KINCA, durante los mismos periodos de los años 1988 y 1990. El año 1988 fue catalogado como año de evento La Niña o fase fría de evento El Niño 1987, y el año 1990 fue considerado un año normal. Asimismo se analizara en la figura 5, las variaciones de la Corriente Cromwell en su núcleo a 80 m de profundidad en los 0°N 110°W, en las Figuras 6 y 7 con las variaciones de la corriente en 3 diferentes profundidades, en las Figuras 8 y 9 las condiciones oceanográficas que se presentaron frente a Perú durante la primera semana de julio de 1988 en los 5°S y 6°S y en las Figuras 10 y 11 las condiciones oceanográficas durante la primera semana de junio de 1990 de las mismas latitudes. Se puede observar claramente la diferencia entre la ubicación de las zonas de pesca y las notorias diferencias en la CPUE de la merluza durante los mismos periodos en 1988 y 1990, lo cual será entendido al analizar los cambios de la velocidad de la Corriente Cromwell en los 0°110°W y las variaciones de las condiciones oceanográficas frente a la Costa Peruana en los 5°S y los 6°S. En la figura 3 se observa las zonas de pesca con sus respectivas CPUE obtenidas en 4 periodos de pesca durante abril-junio de 1988, continuos, entre 10 y 13 días de duración cada uno. Se puede notar que la pesca de dicho periodo, representado por la CPUE se trasladó al norte de Punta Falsa (6°S) con valores de 9.3 y 14.5 t/h. Asimismo en la Figura 4 se observa las zonas de pesca y las respectivas CPUEs promedio obtenidas que



alcanzaron las 100 t/h durante el periodo abril- junio 1990, resaltando las altas CPUEs obtenidas al sur de los 6°S y 7°S de latitud, a diferencia del mismo periodo en 1988 cuando las mejores zonas de pesca se ubicaron al norte de los 6°S, además de obtener CPUEs mucho menores en comparación con 1990.

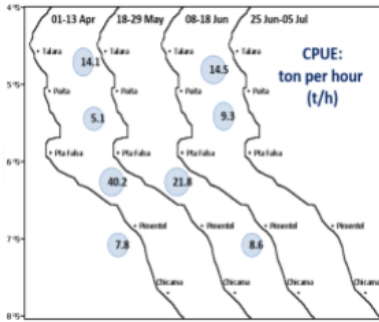


Figura 3. Zona de Pesca de merluza durante abril-julio de 1988.

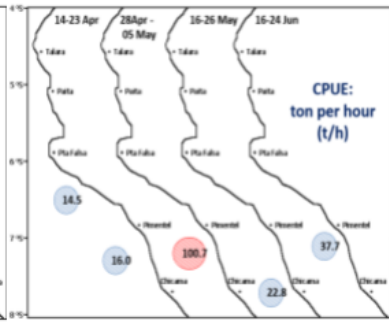


Figura 4. Zona de Pesca de merluza durante abril-junio de 1990.

En la Figura 5 se muestra la variación de las Velocidades diarias de la Corriente Cromwell a 80 m de profundidad donde se alcanza la máxima velocidad, en los 0°N 110°W durante los periodos enero-junio de los años 1988-1990. Cabe recalcar que lo sucedido en esta boya se refleja 1 o 2 meses después frente a las costas peruanas (Martina, J. 2007).

Se puede observar que mientras la velocidad de la corriente se reduce a partir de marzo de 1988 y alcanza dos días el valor de 0 cm/s, durante el año 1990 la velocidad de la corriente aumenta a partir de febrero, alcanzando valores superiores a 170 cm/s. Esta gran diferencia de la velocidad de la corriente, definitivamente afectó las condiciones oceanográficas frente a la costa peruana y por consiguiente las CPUEs de la merluza, que fueron más bajas en 1988 que en 1990. Esto es, una Corriente Cromwell más intensa coincidió con zonas de pesca más al sur de los 6°S y concentraciones densas obteniéndose CPUEs más altas.

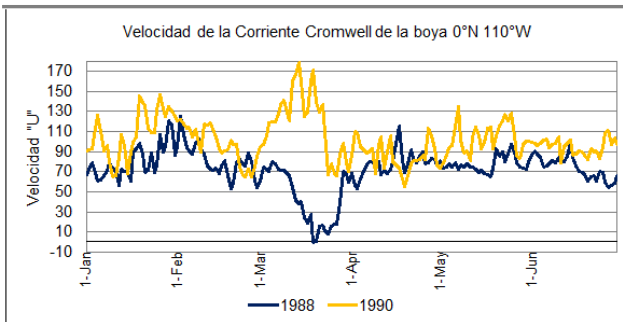


Figura 5. Velocidad diaria de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W a 80 metros de profundidad.



En las Figuras 6 y 7 se muestran las variaciones diarias de la velocidad de la corriente a 3 diferentes profundidades y donde se comprueba lo observado en la figura 5; esto es, la velocidad de la corriente no solo varia en el núcleo sino a 3 diferentes profundidades, a 25, 80 y 120 m en 1988 y a 45, 80 y 120 m en 1990. En 1988 disminuye bruscamente e incluso se vuelve negativa en enero, marzo y julio a 25 m lo que significa que se dirige hacia Australia. En 1990 se intensifica hacia Sudamérica todo el periodo entre enero y julio.

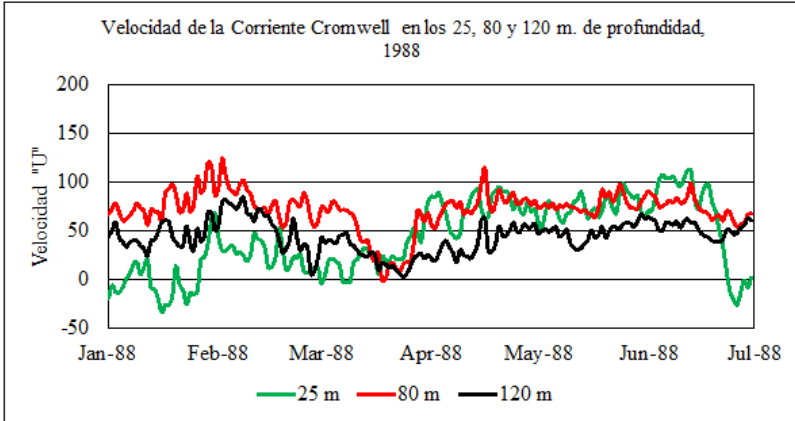


Figura 6. Velocidad zonal diaria de la Corriente en los 0° 110°W en los 25, 80 y 120 metros de profundidad durante el periodo enero-julio 1988.

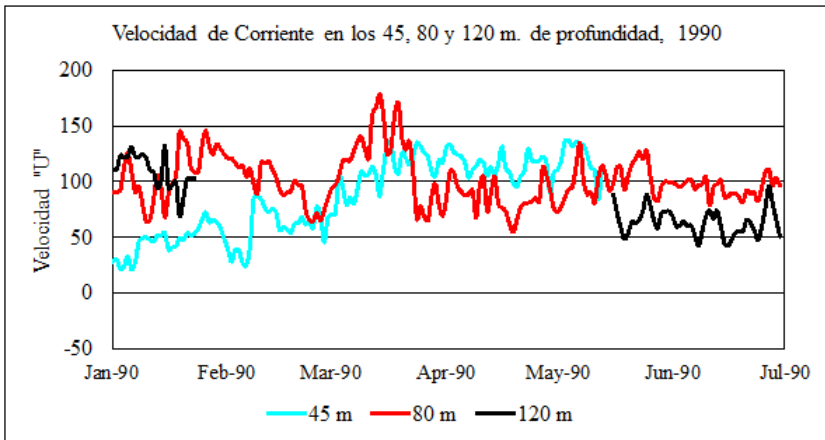


Figura 7. Velocidad zonal diaria de la corriente en los 0° 110°W a 45, 80 y 120 metros de profundidad durante el periodo 1990.

En la Figura 8 se muestra las secciones verticales hasta los 100 m de profundidad de la temperatura, salinidad y oxígeno disuelto frente a la Costa Peruana a lo



largo de los 5°S y los 6°S durante el año 1988. En ambas secciones se observa claramente los intensos afloramientos de las isothermas de 15°C, 16°C y 17°C cercanos a la costa del Perú correspondiente a los días 4 y 8 de julio de 1988, respectivamente. Asimismo las salinidades de rango 34.80 y 35.00 observadas en dichas ubicaciones, confirman que la zona está influenciada por las Aguas Costeras Frías (ACF), lo que también se deduce observando el afloramiento de las isoóxigenas de 0.5, 1, 2 y 3 ml/l cerca de la costa. El afloramiento es más intenso en los 6°S debido a que el remanente de la CC es menor que en los 5°S.

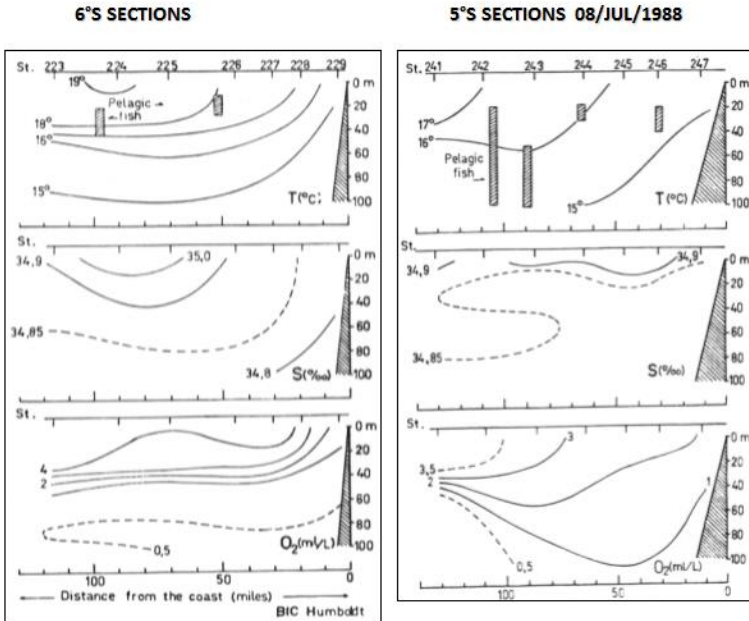


Figura 8. Secciones de Temperatura, Salinidad y Oxígeno disuelto en los 5°S y 6°S durante julio de 1988

En la Figura 9 se muestra la sección vertical hasta los 300 m de profundidad de las variables; temperatura, salinidad y oxígeno disuelto frente a Paita (5°S) durante el 1 y 2 de junio de 1990. En la sección del grado 6°S a diferencia de lo observado en 1988, se observa el afloramiento de las isothermas de 17y 18 C cerca a la costa y la marcada profundización de las isothermas de 13°C, 14°C y 15°C a partir de los 80 m de profundidad lo que indican la marcada presencia de la extensión sur del Ramal Costero de la Corriente Cromwell.

Las salinidades observadas con valores superiores a 35.10 ups hasta los 100 m de profundidad corroboran la presencia de la Corriente Cromwell; al igual que el hundimiento subsuperficial de las iso-oxígenas de 1 y 2 ml/l a partir de los 100 m.



SECCION PAITA (5°S) 1-2/ Junio/ 1990

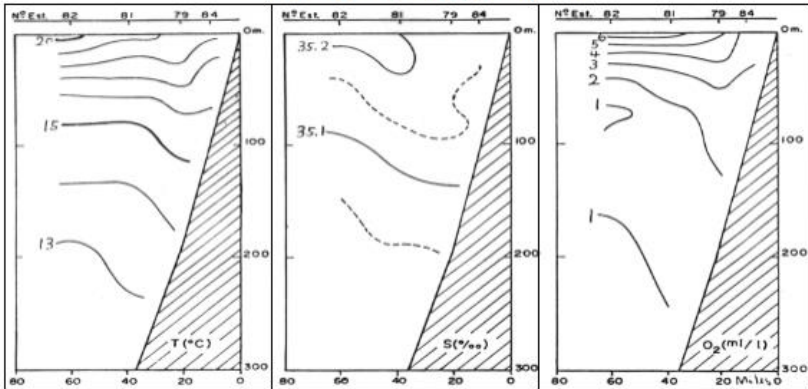


Figura 9. Secciones verticales de Temperatura, Salinidad y Oxígeno en los 5°S durante junio de 1990.

En la Figura 10 se muestra las secciones verticales hasta los 300 m de profundidad para las variables; temperatura, salinidad y oxígeno disuelto frente a Punta Falsa (6°S) durante el 5 y 6 de junio de 1990. Se observa una gran diferencia con lo observado en 1988 en esta misma sección, por la marcada presencia de la extensión Sur del Ramal Costero de la Corriente Cromwell en la sub-superficie, evidenciado por el hundimiento de las iso-oxigenas de 1 , 2 y 3 ml/l a partir de los 60 m de profundidad.

SECCION PUNTA FALSA (6°S) 5-6/ Junio/ 1990

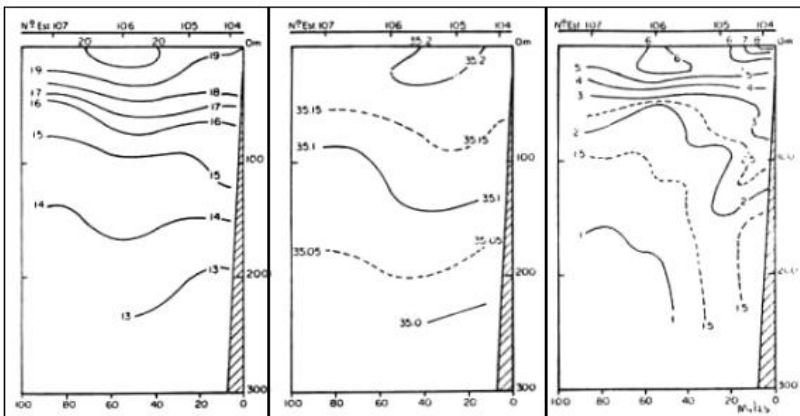


Figura 10. Secciones verticales de Temperatura, Salinidad y Oxígeno en los 6°S durante el 5 y 6 de junio de 1990.



En resumen, en la Figura 11 se puede mostrar un esquema de lo que sucedió en 1988 (izquierda) cuando el Ramal Costero de la Corriente Cromwell se debilitó haciendo que la merluza migrara hacia el norte a concentraciones más bajas en relación a lo observado durante 1990 (derecha) cuando la extensión del Ramal Costero fue más notoria permitiendo que la merluza se concentre en la zona sur del Perú, formando densos cardúmenes. Esto permitió obtener altos valores de CPUE alcanzando las 100 t/h, lo que significa, capturas de 25 t de merluza en 15 minutos.

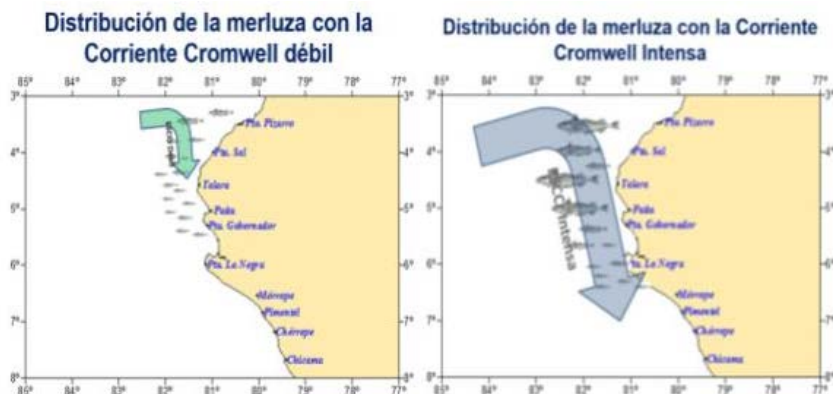


Figura 11. La Corriente Cromwell y la distribución de la merluza peruana durante 1988-1990

Desembarque anual de la merluza en Perú y lo que sucedió en el año 1992

En la Figura 12 se muestran los desembarques históricos de merluza desde 1971, observándose un incremento de las capturas desde el año 1973. Durante el período 1973 - 2003, sucedieron hechos saltantes que repercutieron en el buen manejo del recurso. En 1978 la merluza se pelagizó frente a Chimbote (9°S), permitiendo que la flota cerquera o bolichera capture 200 mil toneladas de merluza adulta en dos meses. El motivo de esta pelagización fue tal vez la falta de oxígeno originada por el repliegue al norte del Perú de forma brusca de la principal fuente de oxígeno de estas especies demersales, como lo es el Ramal Costero de la Corriente Cromwell. Algo similar se observó los años 1994 y 1995, cuando se extrajeron 60 mil toneladas de merluza juvenil cada año. Estas altas capturas de juveniles, influyeron en la reducción de la biomasa del recurso.

Años después, se estableció un mayor y a veces hasta exagerado cuidado del recurso, es así que desde el 2003 las cuotas y las capturas han sido bastante bajas lo que ha venido cambiando desde el 2012 - 2013 con el incremento de las capturas y de las tallas de la merluza.





Figura 12. Desembarque de Merluza desde 1971 a 2011.

Entre febrero y mayo de 1992 sucedió algo nunca visto anteriormente en Perú y tal vez en otras partes del mundo cuando frente a Paita - Piura, las capturas de merluza se redujeron de forma brusca, así como su talla media, la que disminuyó 11 cm en 3 meses, tal como se observa en las figuras 13 y 14. (McCallock, 2007). En la figura 13 se observa la distribución de tallas de la merluza durante enero de 1991, que se encontró saludable y por encima de la talla mínima permitida por ley (35 cm). Asimismo, desde noviembre de 1991, se observó la presencia de merluzas juveniles compartiendo el área de pesca con merluzas adultas, lo cual continuó hasta febrero de 1992, como se muestra en la Figura 14. Sin embargo, en la misma figura se observa la distribución de tallas en mayo de 1992, cuando la longitud media disminuyó 11 cm (desde 37 a 28 cm) en sólo 3 meses.

¿Qué cambios hubo en la Corriente Cromwell en 1992 en los 0°N110°W?

En la Figura 15 se puede observar la posible explicación de lo ocurrido durante 1992 respecto a la casi desaparición de la merluza adulta con tallas superiores a 35 cms. La Figura 15 explica las variaciones verticales diarias de la corriente Cromwell en el periodo mayo 1991 – diciembre 1992. De mayo 1991 a febrero 1992, se observa una profundización del núcleo o velocidades máximas de la Corriente Cromwell (observar rectángulo marcado), para luego prácticamente desaparecer bruscamente la corriente durante 2 o 3 meses, reapareciendo con un núcleo más superficial. En resumen, el periodo donde desaparece la merluza adulta, coincide con el cambio brusco de la corriente.



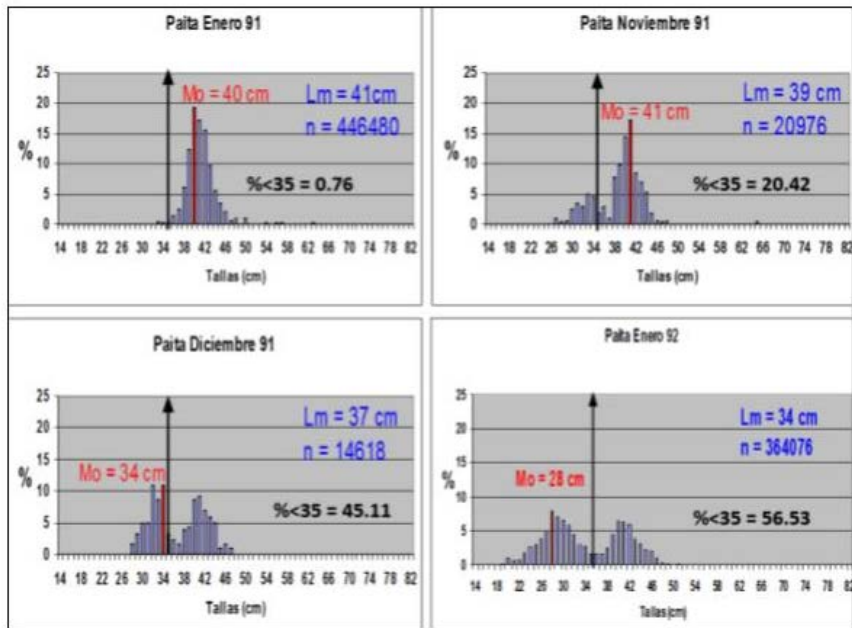


Figura 13. Distribución de tallas de la merluza en enero, noviembre y diciembre de 1991 y enero de 1992 frente a Paíta (5°C).

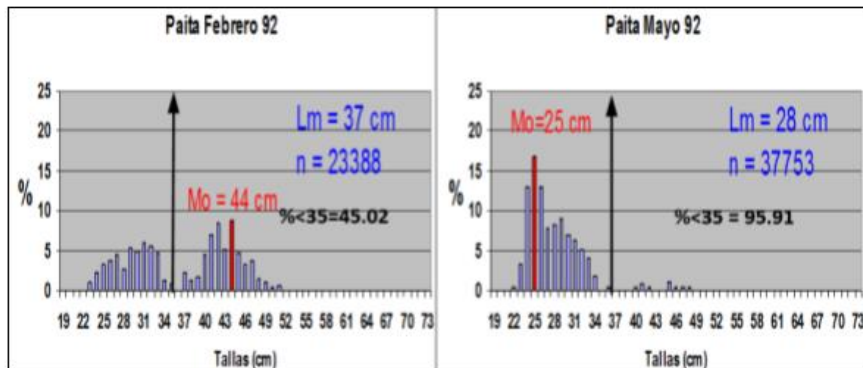


Figura 14. Distribución de tallas de la merluza en febrero y mayo de 1992 frente a Paíta (5°C).



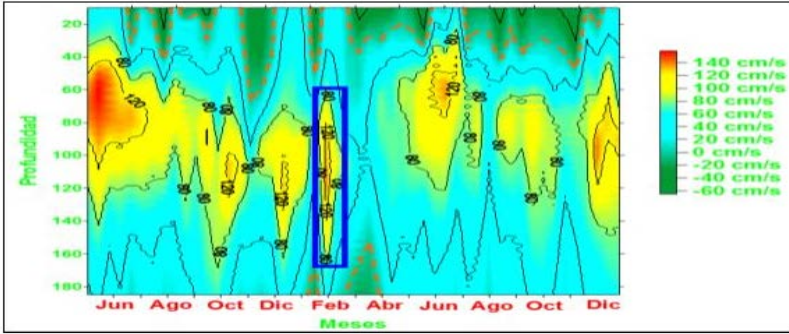


Figura 15. Sección tiempo vertical de la velocidad de la Corriente Cromwell usando correntómetros Doppler en los 0°N 110°W durante 17 Mayo 1991 al 31 de diciembre de 1992.

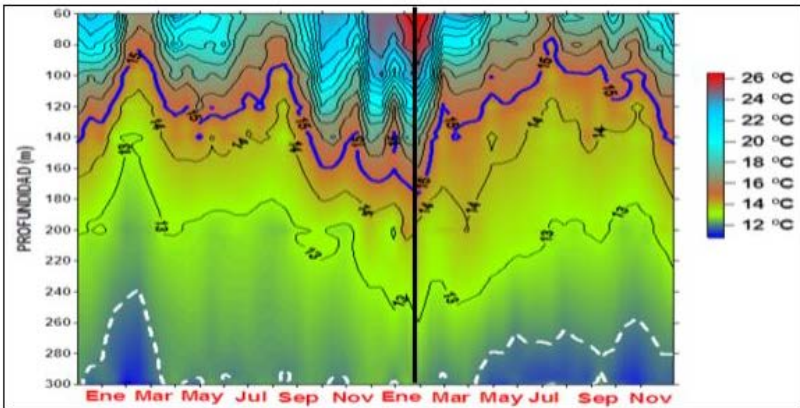


Figura 16. Sección vertical de Temperatura en los 0°N 110°W durante 1991-1992.

En la Figura 16, se muestra la variación vertical diaria de la temperatura en el periodo enero 1991 – diciembre 1992 notándose también la intensificación del núcleo de la Corriente Cromwell que coincide con la profundización de la isoterma de 15°C, observándose que en febrero de 1992 (señalado con una línea vertical), dicha isoterma alcanza su máxima profundización hasta más de los 170 m, posteriormente ascendiendo bruscamente hasta alcanzar los 80 m de profundidad durante el mes de julio. Cabe resaltar que este brusco ascenso coincide con la desaparición de la merluza adulta y el debilitamiento brusco de la velocidad de la Corriente Cromwell.

En la Figura 17 se puede observar la variación diaria de la Corriente Cromwell en las profundidades de 80 m, 105 m y 150 m. Cabe resaltar la presencia de un pulso o brusca intensificación de la Corriente en las 3 profundidades en solo 4 días para posteriormente debilitarse casi en el mismo periodo (señalado con



flechas). Este acontecimiento pudo ser el causante de los importantes cambios del frente a la costa peruana como la desaparición de la merluza adulta y la aparición de calamar gigante (*Dosquidicus gigas*).

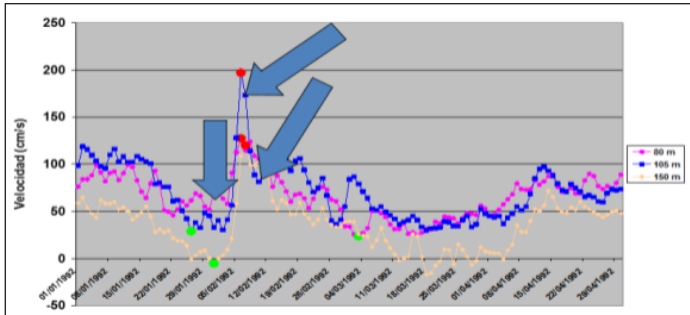


Figura 17. Variación diaria de la Corriente Cromwell a los 80 m, 105 m y 150 m en la boya 0°N 110°W durante 1992.

Otros Pulsos observados de la Corriente Cromwell

El pulso observado durante febrero de 1992, año ENSO fue el más notorio de los observados hasta la fecha. Otros pulsos han sido observados durante 1997, 2010, 2011-2012 y el 2014 como se verá más adelante.

En las Figuras 18 y 19 se observa la Sección vertical de variación diaria de la Corriente Cromwell, notándose el núcleo de la corriente en los 80 m de profundidad. Durante el periodo abril – julio de 1997, año reconocido como evento ENSO extraordinario, en el cual se observó valores de corriente nunca antes registrados, alcanzando los 240 cm/s a 80 m de profundidad el día 16 de abril. A diferencia de otros pulsos registrados, este no cambio tan bruscamente, sino la corriente se fue intensificando a valores muy altos, para luego disminuir de forma brusca. Al llegar la Corriente a la costa sudamericana, produjo muy fuertes cambios de las condiciones oceanográficas y en la distribución de las especies, donde sobresale la reaparición de merluza adulta que prácticamente había desaparecido del mar peruano como se verá en la figura 20.

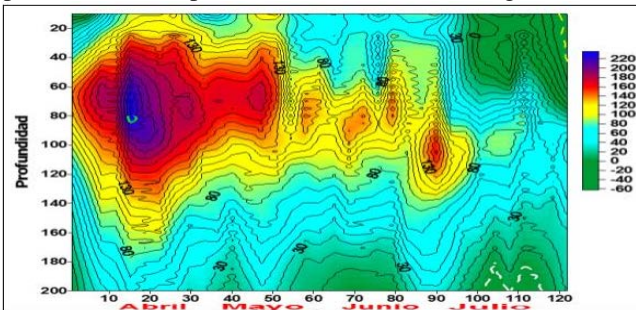


Figura 18. Sección tiempo vertical de la velocidad de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W durante abril-junio 1997.



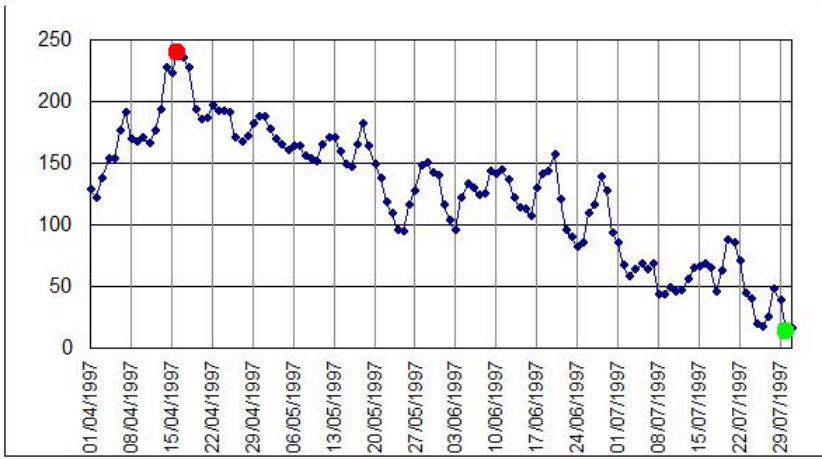


Figura 19. Velocidad diaria a 80 metros en los 0°N 110°W (abril-julio 1997)

En la Figura 20-a se muestra la distribución de tallas de merluza capturada con red de arrastre, tanto del copo como del sobrecopo. Y en la Figura-b se muestra la biomasa estimada por tallas y el número de individuos estimados por cada talla. En el cual se puede observar que casi el 50% de la biomasa fueron merluzas con tallas cercanas a 35 cm o más, lo que no se veía desde febrero de 1992.

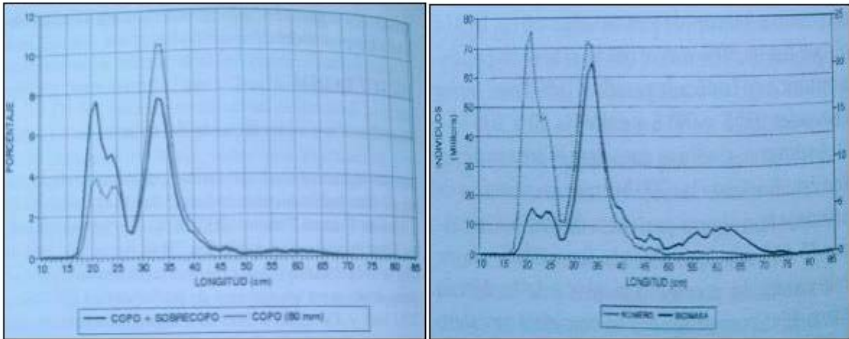


Figura 20. Izquierda (a), derecha (b). Distribución de especímenes y biomasa por tallas de la merluza durante el crucero realizado por el BIC Humboldt durante mayo de 1997.

En resumen, el evento ENSO que se caracterizó por una fuerte intensificación de la Corriente Cromwell, influyó en el retorno de los cardúmenes de merluza adulta hacia la costa peruana. Cabe resaltar que en los siguientes años se redujo la talla por debajo de 35 cm, coincidente con la etapa fría de ENSO cuando la CC se debilita. Desde el año 2012 hasta la actualidad, la merluza ha comenzado a incrementar su talla y su área de distribución, tal como se ha comprobado con los



resultados del último crucero de evaluación de recursos demersales realizado en mayo y junio del 2014.

En la Figura 21 que corresponde al año 2010, se puede comprobar que los pulsos de intensificación de la corriente Cromwell se detectan primero en la profundidad del núcleo (150 m) de la boya ubicada en los 170°W y continúa hasta el núcleo de la boya 0°N 140°W a los 110 metros de profundidad. Cabe resaltar que existe una distancia de 3500 km de distancia entre las boyas y en la boya 0°N 110°W en su núcleo a 90 metros. Y entre estas dos últimas también existe una distancia de 3500 km.

En la Figura 21 se observa también los valores promedio de la velocidad en el núcleo mostrado con una línea del mismo color que la que describe la variación diaria de la velocidad. Por ejemplo, a principios de la última semana de enero se puede observar que la velocidad en el núcleo de la boya 0°N 170°W es superior al promedio, lo que se observó también en la siguiente núcleo de la boya 0°N 140°W con desfase de tiempo, hasta la cuarta semana de febrero. Asimismo, se observará dicho pulso todo el mes de marzo en la boya ubicada en los 0°N 110°W.

En conclusión, el arribo del pulso de una boya a otra fue de casi dos semanas, implicando una velocidad de la onda de 2,9 m/s. Cabe enfatizar que cuando el pulso llega de una ubicación a otra, el tiempo de duración del pulso se extiende en esa boya. Dicho de otra forma, el pulso reducido en los 0°N 170°W duró casi 3 o 4 días, mientras que en los 0°N 140°W el pulso fue muy notorio y duró casi dos semanas y en los 0°N 110°W fue más notorio el pulso durando casi un mes. Estos pulsos fueron registrados antes de la normal intensificación de la Corriente Cromwell ocurriente en abril-junio de cada año.

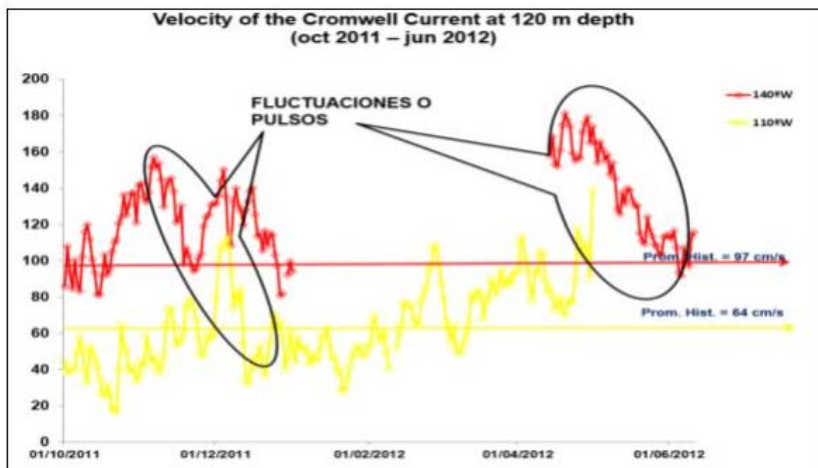


Figura 21. Variación diaria y promedio de la velocidad de la Corriente Cromwell en los núcleos de intensificación de las boyas 0°N 170°W, 0°N 140°W y 0°N 110°W durante el año 2010.



En la Figura 22 se observa la variación de la velocidad de la Corriente Cromwell a 120 m de profundidad y sus respectivos promedios en las boyas ubicadas en los 0°N 140°W y 0°N 110°W, donde también se observa los pulsos en ambas boyas, a pesar de que el núcleo en dichas ubicaciones se encuentra a 110 m y 90 m respectivamente. Tomando en cuenta que mientras más profundo sea la intensificación de la velocidad, es de esperar que la corriente llegue con mayor intensidad a Sudamérica. Para este periodo 2011-2012, el pulso duró 20 días en los 0°N 140°W, aumentando su velocidad en casi 50 cm/s por encima del promedio normal, dicho pulso se registró una semana después a 120 m en los 0°N 110°W habiendo aumentado la velocidad en casi 40 cm/s. Otro pulso se observó durante abril-mayo en ambas boyas, sin embargo; dichos datos no estuvieron en los 0°N 110°W completos.

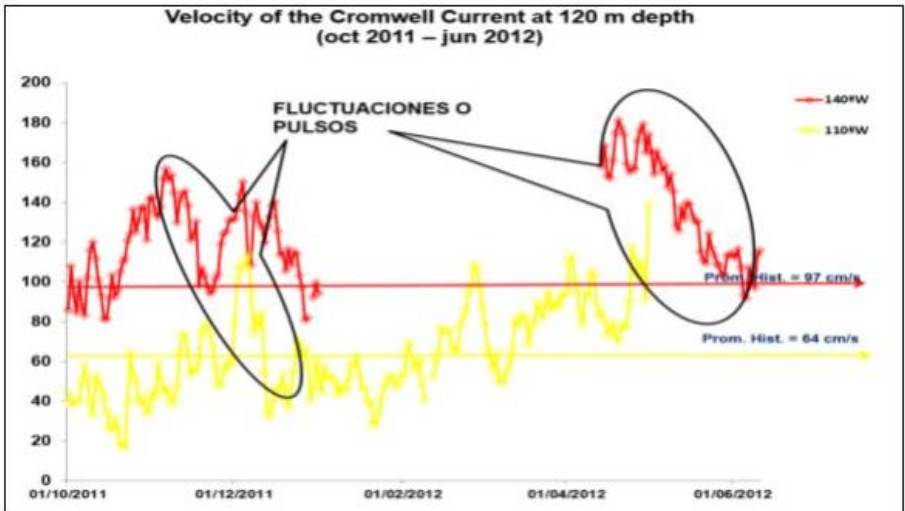


Figura 22. Promedio y velocidad diría de la corriente a 120 metros en los 0°N 110°W y 0°N 140°W

Durante el periodo 2012 - febrero del 2014 las tallas (LM) de la merluza se muestran en la Figura 23, las que fueron muestreadas frente a Perú por los inspectores de IMARPE en las evaluaciones realizadas a bordo de embarcaciones comerciales, pudiendo observarse que en noviembre del 2012 en la subárea denominada “A” (entre los 3°20 S y los 4°S de Latitud) se registraron ejemplares mayores de 35 cm (límite marcado con una línea vertical) los cuales no se observaron en otras áreas. Asimismo, durante la pesca exploratoria realizado en febrero del 2013 empezó a aparecer merluzas de tallas grandes, confirmándose que los pulsos de intensificación de la Corriente Cromwell jugaron un rol importante para que la merluza grande adulta volviera a la zona norte de Perú como se aprecia en la Figura 24 respecto al incremento de la biomasa mínima



estimada por el método de área barrida, así como en el incremento de la longitud media de la merluza durante el periodo 2007-2014.

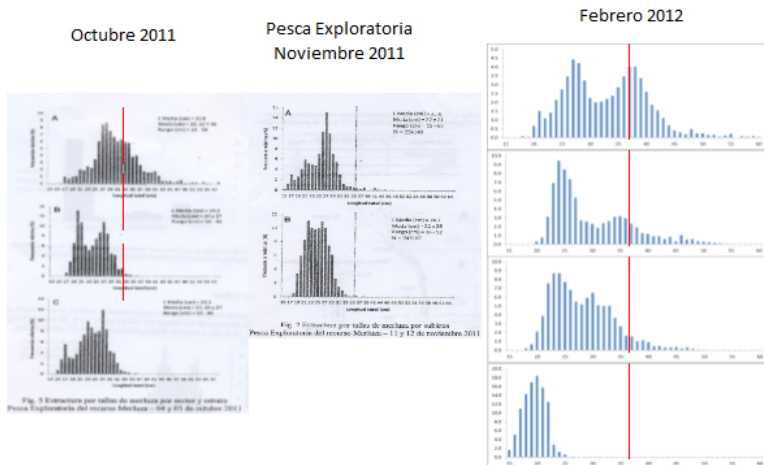


Figura 23. Muestras de merluza frente a Paíta (5°) durante 2011-2012.

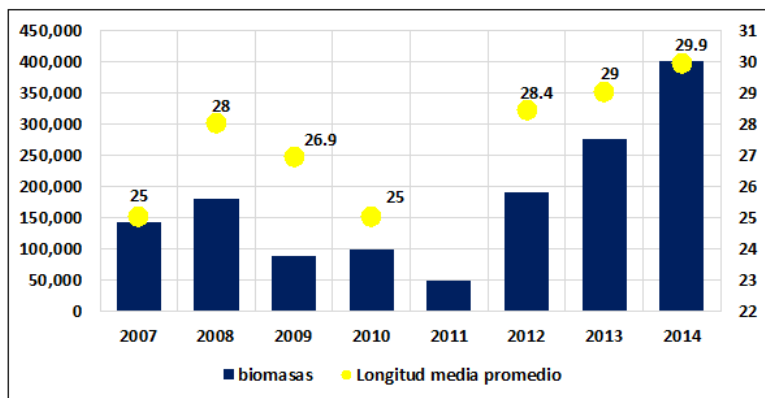


Figura 24. Variación anual de biomasa y longitud media de la merluza 2007-2014 durante cruceros de evaluación de IMARPE.

Los cambios oceanográficos observados frente a la Costa Peruana el 2014

La Figura 25, muestra la sección vertical de temperatura frente a Paíta (5°S) de febrero a mayo, resaltando la profundización de la isoterma de 13°C en los meses de febrero a mayo en más de 150 metros y de la isoterma de 15°C de marzo a mayo en casi 140 m.



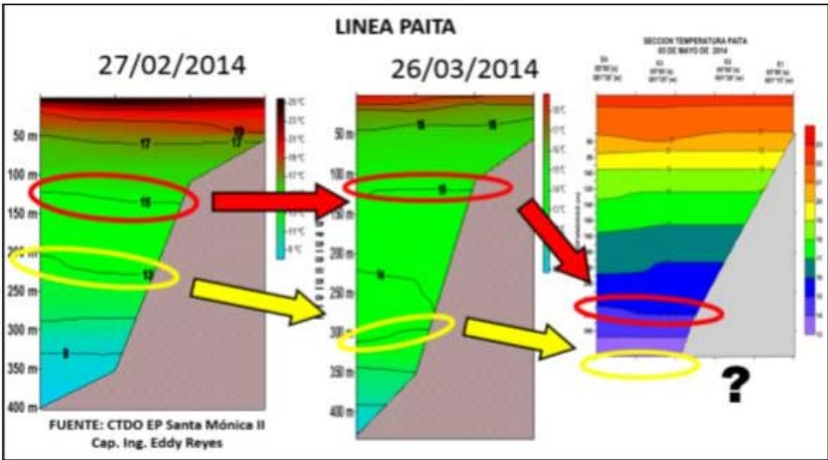


Figura 25. Sección vertical de temperatura frente a Paíta en febrero, marzo y mayo del 2014.

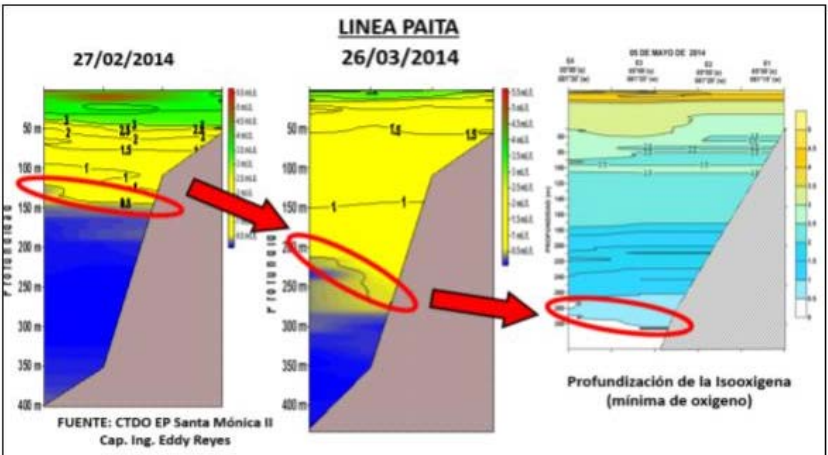


Figura 26. Sección vertical de oxígeno disuelto en la línea Paíta (5°S) durante febrero, marzo y mayo del 2014.



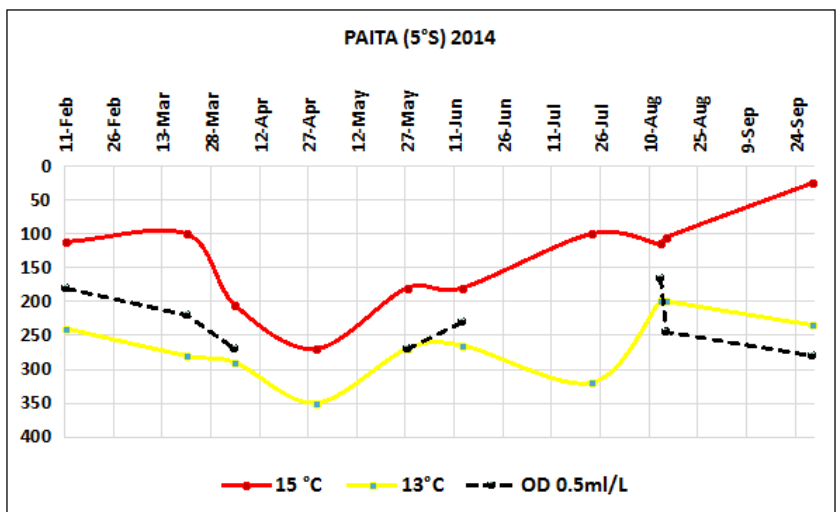


Figura 27. Variación de las Isotermas de 13°C, 15°C y la mínima de oxígeno 0.5 ml/l en la línea Paíta (5°S)

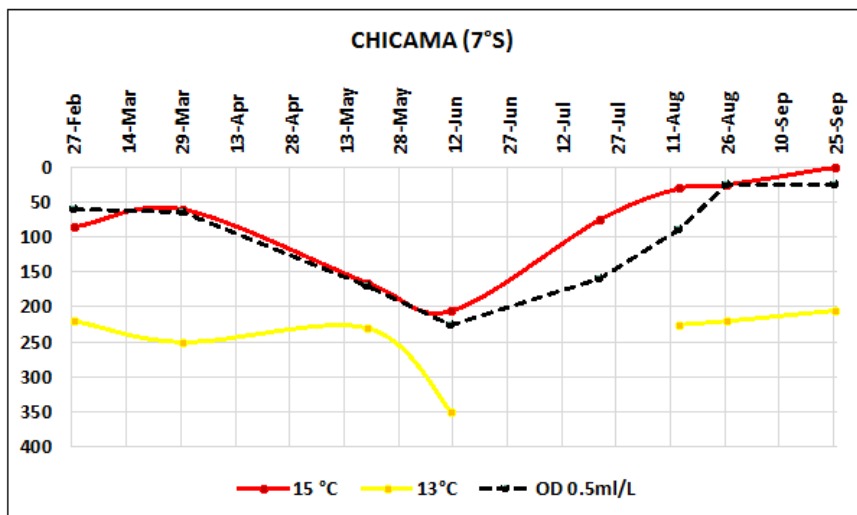


Figura 28. Variación de la isoterma de 13°C, 15°C y la mínima de oxígeno de 0.5ml/l en la línea Chicama (7°S)



Discusión

A nivel mundial se tiene 3 grandes océanos, Pacífico, Atlántico e Indico, los que poseen un sistema de corrientes bastante similar, donde destaca la presencia de la llamada Contracorriente Ecuatorial Subsuperficial, la cual fluye a lo largo de la Línea Ecuatorial (0°N) de Oeste a Este a velocidades muy superiores a las Corrientes Superficiales como parte de la dinámica de la circulación oceánica. Khanaichenko (1980) describe en forma muy didáctica sobre estas llamadas contracorrientes, aunque incluye a la Contracorriente Ecuatorial Norte y a la Contracorriente Ecuatorial Sur como parte de un sistema con un largo recorrido y un importante volumen de agua que transporta. En esta publicación nosotros consideramos sólo a la ahora llamada Corriente Cromwell, descrita por primera vez por Townsend Cromwell en 1954, descrita más detalladamente por Knauss (1960) y analizada entre Galápagos y la Costa Ecuatoriana por Lukas (1981). La Corriente Cromwell la podemos describir debido a su largo recorrido y al importante volumen de agua que transporta como la más importante a nivel subsuperficial en el mundo. Cabe resaltar que en las anteriormente citadas publicaciones, fueron hechas a partir de muy pocas observaciones con correntómetros a la deriva o fijos, diferente de la presente investigación que cuenta con mayor disponibilidad de datos provenientes de la web de la NOAA.

El presente trabajo de investigación procesa y analiza toda la información registrada durante los primeros semestres de 1988 y 1990, en los correntómetros fijos instalados en los 0°N 110°W, así como la información registrada en los 5 correntómetros Doppler colocados en 5 diferentes boyas a lo largo de la Línea Ecuatorial entre los 0°N 147°E y los 0°N 110°W, información que ha permitido detectar estacionalidad, variaciones y pulsos de intensificación importantes, así como posteriormente la influencia de éstos en las condiciones oceanográficas y en la distribución de la merluza en la Costa Norte de Perú, considerando la variación de la abundancia y la composición por tallas en las diferentes Latitudes.

Durante los primeros semestres de 1988 y 1990, se observaron características muy distintas de la Corriente Cromwell en los 0°N 110°W, ubicada a aproximadamente 1800 millas de la Costa Sudamericana. En 1988 que fue la fase fría del evento ENSO 1987-88, la Corriente Cromwell se vio debilitada fuertemente durante casi un mes, repercutiendo en las condiciones oceanográficas frente a la Costa Peruana, donde se observaron fuertes afloramientos y el ascenso hacia la superficie de la capa mínima de oxígeno con valores menores a 0.5 ml/l, causando que la merluza migre hacia el norte del Perú y se disperse. En 1990 ocurrió lo contrario, la Corriente Cromwell se intensificó muy por encima de sus valores promedio e influyó en el flujo que llegó a Perú, el cual causó que cardúmenes de merluza se concentraran y migraran hasta más de 120 millas al sur de su límite de distribución promedio. Esto se comprueba con el hundimiento de las isotermas e iso-oxígenas en las



Latitudes 5° y 6°S, así como las altas CPUE obtenidas por la embarcación Factoría Japonesa Kinca, la que operaba sin detenerse hasta completar su carga. En 1992 durante un evento ENSO de fuerte magnitud a nivel subsuperficial, de pronto las merluzas de tallas por encima de los 35 cm, prácticamente desaparecieron de la Costa Peruana, para reaparecer en un número reducido en el evento extraordinario ENSO 1997-98, para luego casi desaparecer nuevamente a partir de la fase fría ENSO desde finales de 1998 y 1999, hasta aproximadamente inicios del 2012. McCulloch (2008) demostró una coincidencia entre un fuerte pulso o intensificación y posteriormente una reducción brusca de la velocidad de la Corriente en los 0°N 110°W y la reducción brusca en 11 cm del tamaño promedio de la merluza. Esta reducción de tallas duró hasta 1997, para luego nuevamente reducirse hasta inicios del 2012. Se pensó que la merluza adulta habría migrado hacia Costas Ecuatorianas, sin embargo en el análisis de los cruceros realizados por el BIC Español Oliver frente a Ecuador durante 2009 y 2010 (2012), predominó una longitud media de 28.6 cm el 2009 y de 26.7 cm el 2010 dentro de la estructura de tallas de la merluza, con lo cual se descartó la posibilidad de que la gran biomasa de merluza adulta de tallas superiores a 40 cm estuviera distribuida frente a Ecuador.

Por lo tanto, ¿A dónde se fue la merluza adulta? Una posibilidad era que se haya pelagizado y alejado de sus zonas de pesca tradicionales (fondo marino) frente a las Costas de Perú y Ecuador debido al brusco debilitamiento de, no descartándose la posibilidad que una importante parte del recurso haya sido depredada por la Pota (*Dosidicus gigas*) que durante el evento ENSO 1992-93 se aproximó a las Costas Sudamericanas en grandes volúmenes.

En referencia al recorrido de la Corriente Cromwell a lo largo de la Línea Ecuatorial de acuerdo a los registros hechos en 5 correntómetros, se corroboró lo ya conocido, que el núcleo o velocidad máxima de la corriente es más profundo hacia el Oeste y que éste aumenta en velocidad y asciende conforme se dirige hacia el Este o sea hacia Sudamérica. Otro punto importante observado fue el determinar que la mayor velocidad promedio de la CC se registró en el correntómetro 0°N 140°W con 105 cm/s. Otro punto importante al analizar los correntómetros es la gran variabilidad de los valores de la velocidad de la corriente, que por lo general se intensifica en los meses de abril, mayo y junio (Icochea y Rojas 2001). La máxima velocidad registrada en el núcleo de la corriente en los 0°N 110°W fue de 248 cm/s el 16 de abril de 1997, año que ocurrió El evento El Niño más fuerte del pasado milenio. En resumen, cuando ocurre un evento ENSO, la velocidad de la Corriente Cromwell en su núcleo alcanza valores muy por encima de su promedio a partir de los meses de marzo o abril en la ubicación 0° 110°W, sintiéndose sus efectos en Perú 1 o 2 meses después. Esta corriente subsuperficial llega a las Costas Sudamericanas pudiendo llegar a la superficie como sucedió en 1997 y el 2014. Cuando El Niño llega a Perú a fin de año, la Corriente Cromwell prácticamente desaparece ya que alcanza valores cercanos a 0 cm/s de velocidad e incluso se invierte hacia el Oeste en los 0°N 110°W.



El aporte que hacemos en el presente documento es que cuando analizamos detenidamente la variación diaria de la velocidad de la Corriente, observamos ondas o pulsos en la trayectoria de la Corriente Cromwell, donde la velocidad se incrementa notoriamente durante pocos días y posteriormente se debilita. Estos pulsos, que se registraron en los 0°N 170°W se trasladaron semanas después a los 0°N 140°W y luego a los 0°N 110°W, para finalmente arribar en la Costa Sudamericana, afectando la distribución de la merluza y otras especies demersales. La velocidad de dicha onda o pulso ha sido estimada en 2.9 cm/s. Cabe resaltar que desde el año 2010, estos pulsos han sido más frecuentes, ocurriendo también durante eventos ENSO, conocidos por muchos como ondas Kelvin.

Durante el ENSO 2014-2015, tal como se observó en las secciones oceanográficas con CTDO hechas tanto por la embarcación arrastrera Santa Mónica III, como por las embarcaciones científicas del IMARPE; se observó la profundización de las isotermas de 15° y 13°C, primero frente a Paita (5°S) y luego frente a Chicama (8°S), coincidente con el hundimiento de la iso-oxígeno de 0.5 ml/l. En Paita, al parecer primero se produce el hundimiento de la iso-oxígeno y luego de la isoterma, pero en Chicama, el hundimiento de la isoterma de 15°C y la iso-oxígeno de 0.5 ml/l se producen casi a la vez. Este rápido y fuerte hundimiento es el ingreso del Ramal Costero de la Extensión Sur de la Corriente Cromwell que por efecto de la fuerza de Coriolis, converge con el talud continental, produciendo el hundimiento o profundización de las mismas.

Respecto a los pulsos u ondas, éstos primero se observaron en los 0°N 170°W, semanas después en los 0°N 140°W y finalmente llegando a los 0°N 110°W, los que de forma continua han ido influenciando la paulatina recuperación del recurso merluza, habiendo ocurrido el máximo punto de recuperación durante el 2014; aseveración que viene siendo respaldada por la información obtenida en los cruceros anuales de evaluación de recursos demersales llevados a cabo por IMARPE ,durante los meses de mayo de los años 2011, 2012, 2013 y 2014, demostrando que la biomasa se incrementó de 50 mil toneladas del 2011 hasta 400 mil toneladas en el 2014, incluyendo la presencia de merluzas cada vez de mayor tamaño y en zonas ubicadas cada vez más al Sur. Asimismo, cabe señalar que las observaciones in-situ que se vienen realizando hasta febrero del 2015, permite confirmar la presencia de cada vez más cardúmenes de merluzas de mayor tamaño, que incluso alcanzan los 60 cm de longitud total, tamaños que no se veían desde el 2002 (Fig. 29).





1

Foto 1. Muestreo de merluzas durante el crucero de evaluación de recursos demersales del BIC Olaya



2

Foto 2. Muestreo de merluzas durante el crucero de evaluación de recursos demersales del BIC Humboldt 2013.



3

Foto 3. Muestreo de merluzones en el norte del Perú-Cancas en febrero del 2015.

Figura. 29. Imágenes de muestreos realizados durante las observaciones recientes (2012, 2013 y 2015).



Conclusiones

Los pulsos y los cambios bruscos de la Corriente Cromwell durante su trayectoria a lo largo de la Línea Ecuatorial, afectan las condiciones oceanográficas frente a Perú e influyen en los cambios de la distribución latitudinal y vertical del recurso merluza.

La abundancia y las tallas de la merluza guardan relación con los pulsos o fluctuaciones de la velocidad de los núcleos de la Corriente Cromwell o durante El Niño.

Las tallas de la merluza y la abundancia en todas las subáreas evaluadas se han incrementado en 4 cm a más en el año 2014 en Perú.

Se viene observando una marcada recuperación del recurso merluza, la cual está relacionada a la intensificación de la Corriente Cromwell en los últimos 3 o 4 años.

Recomendación

El constante monitoreo de la Corriente Cromwell es de suma importancia para la planificación de los cruceros de evaluación y estimar la biomasa de la merluza.

Referencias

1. Cromwell, T. R.; Montgomery, B. & E.D. Stroup. (1954) "Equatorial Undercurrent in the Pacific Ocean revealed by New Methods" Science 119: pp 648-649.
2. Icochea, L. y Rojas, E. 2001. La Corriente Cromwell y sus variaciones en los 0°N110°W. Forum la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*): biología y pesquería. pp 20-28.
3. Icochea, L. 2012. Situación del Recurso Merluza al verano del 2012. Informe Final. Disponible en línea: http://tarwi.lamolina.edu.pe/licochea/merluza/informe_merluza_4_abril_2012_final.pdf
4. Icochea, L. 2013. Crucero de Evaluación de la Merluza con Embarcaciones Industriales replicando el Cr 13-0506 realizado por IMARPE a bordo del BIC Humboldt 11-13 Junio 2013.
5. IMARPE-VNIRO. Investigaciones científico pesqueras en las aguas del océano pacífico aledañas a la costa del Perú durante 1972 y enero del 1973. Tomo I y II. Informe presentado por el Grupo Científico del BEC "Profesor Mesiatsev". 1972-Enero1973.
6. IMARPE, 1997. Crucero de evaluación del stock de merluza en otoño de 1997 BIC Humboldt 9705-06, Callao a Puerto Pizarro. Informe 128. Diciembre 1997.
7. IMARPE, 2009. Crucero de evaluación de merluza y otros demersales en otoño 2009. Cr0906-07 BIC Jose Olaya Balandra, Puerto Pizarro a Salaverry. Informe Ejecutivo 12 de junio al 11 de Julio 2009.



8. IMARPE, 2013. Crucero de evaluación de la población de merluza y otros demersales en otoño de 2013, en el área comprendida entre Puerto Pizarro y Chicama. Cr1305-06 BIC Humboldt. Junio 2013.
9. Khanaichenko, N.K. 1980. The System of Equatorial Countercurrents in the Ocean. A.D. Drobovol'skii editor. Gidrometeoizdat Publishers Leningrad, 1974. Published for the National Oceanic and atmospheric administration, United States department of commerce and the national science foundation, Washington D.C.
10. Knauss, J.A. 1960. Measurement of the Cromwell Current. Deep Sea Research 6: 265-286.
11. Lucas, Roger. 1981. The termination of the Equatorial undercurrent in the eastern Pacific. A dissertation submitted to the graduate division of the University of Hawaii in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in oceanography. December 1981.
12. Martina Vásquez, J. 2006. La Corriente Cromwell en los 0°N 110° W durante el periodo 1990-1998. Anales Científicos UNALM.
13. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2012) Informe de la Campaña de Investigación Pesquera Ecuador 2009 B/O Miguel Oliver 14/10/2009 – 06/11/2009 116 pp.
14. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (2012) Informe de la Campaña de Investigación Pesquera Ecuador 2010 B/O Miguel Oliver 16/10/2010 – 05/11/2010 131 pp
15. Mc Callock Silva, L. 2007. Efecto de la Corriente Cromwell en la distribución especial de la Merluza peruana y la composición por tallas en el período 1991 – 1992. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú 111 pp.
16. Reyes, Eddy, 1992. Análisis de las capturas de una Embarcación Arrastrera de fondo y la relación con algunos parámetros oceanográficos Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú 99 pp + anexos.
17. Zuta y Guillén (1970). Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Boletín Instituto del Mar del Perú. Perú-Callao. Vol 2. N°5. Pp 157-324. 1970.

Referencias en Línea

1. NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. URL: <http://www.noaa.gov/>
2. IMARPE 2013. Instituto del Mar del Perú. URL: <http://www.imarpe.pe/imarpe/>



Construcción y funcionamiento de jaulas marinas en mar abierto: experiencia en Islas Canarias y tecnología para la diversificación de la acuicultura en el Ecuador

López-Alvarado J.

Investigador Prometeo, Instituto Nacional de Pesca, Letamendi 102 y La Ría, Guayaquil, Ecuador.

E-mail: julio.lopez.alvarado@outlook.com

Resumen

En este trabajo se presenta la metodología de construcción de jaulas e instalaciones acuícolas en mar abierto en Canarias, su manejo, y seguimientos ambientales. Esta metodología, de eficacia probada en ambientes oceánicos severos, tiene un indudable potencial para su aplicación en el Ecuador, donde existen unas condiciones naturales idóneas para este tipo de cultivos, y servirán como instrumento para la diversificación de la acuicultura en el país.

Palabras clave

Maricultura, jaulas marinas, diversificación

Introducción

Las Islas Canarias están situadas aproximadamente unos 100 km de la costa de marruecos, en el NW de África. Estas islas tienen una superficie total de 7447 km², muy similar a la de las Islas Galápagos. Son islas de origen volcánico, geológicamente muy similares a las Galápagos, aunque de origen más antiguo (de 2 a 22 millones de años). Las Islas Canarias, al contrario que Galápagos están muy densamente pobladas.



Algunos datos de Canarias y comparación con Galápagos:

| | Canarias | Galápagos |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Superficie: | 7.447 Km ² | 8.010 Km ² |
| Población: | 2.218.344 habitantes | 26.640 habitantes |
| Densidad: | 300 h/Km ² | 3 h/Km ² |
| Edad geológica: | 2-22 millones de años | 0.3-6 millones de años |
| Distancia: | 940 km (Europa) | 960 km (Sudamérica) |
| | 95 km (África) | |

Los vientos predominantes en Canarias son los alisios, de componente general NE. Por lo tanto, las zonas al norte y noreste de las islas son en general más ventosas y menos aptas para instalaciones en mar abierto. En Gran canaria, las instalaciones de acuicultura en mar abierto están situadas en la zona Sur-Este de la isla, donde las condiciones climáticas y oceánicas son óptimas, además de tener buenas infraestructuras de apoyo, tales como muelles y comunicaciones.

La actividad acuícola en Canarias tuvo sus comienzos a nivel comercial a principios de los años 80. Las primeras experiencias fueron en tanques en tierra firme. Pronto se observaron crecimientos superiores a los conseguidos en otros lugares de España, gracias a las temperaturas altas a lo largo de todo el año, con mínimas de 17-18 °C en la época más fría. El alto precio de la tierra y el valor del combustible pronto indicaron que se hacía necesario otro sistema de cultivo alternativo. Las jaulas para el cultivo flotante se han utilizado durante muchos años en Asia (Ling, 1977) y Europa (Coche, 1978). En los años 80 se emplearon en España por primera vez, y en Canarias se introdujeron en los años 90. La calidad de los peces producidos en jaulas se demostró mejor que la de peces producidos en tanques tradicionales, reduciendo los costes de producción. Además de conseguir una alta calidad de producto, el crecimiento de los peces en jaulas en Canarias es superior al crecimiento obtenido en otras partes de España. Sólo requería unos 12 meses en obtener peces de aproximadamente 450 g partiendo de alevines de 5 g, comparado con un periodo de crecimiento de 16-18 meses en otras partes de España. Además, en Canarias se puede producir peces de kilo (un producto más caro) en aproximadamente 20-24 meses, comparado con más de 30 meses en España peninsular. Por otro lado, en Canarias no están presentes algunas enfermedades comunes en la acuicultura Española. Se considera que gracias a las temperaturas moderadas, no existe la llamada enfermedad del invierno, y por su distancia del continente, es más fácil el control de enfermedades. Además, por la presencia de una excelente calidad del agua oceánica, la incidencia de enfermedades y contaminación está reducida al mínimo.





Figura 1. Situación de las Islas Canarias



Figura 2. El archipiélago está compuesto por siete islas principales y varios islotes.

Selección del lugar

La actividad de la maricultura requiere de selección de lugares aptos para el cultivo, de acuerdo con criterios biológicos, oceanográficos, ambientales, sociales, y de tipo logístico. Aunque este artículo no tiene por objetivo la caracterización de la costa y la zonificación, sí procede mencionar brevemente los principales puntos a tener en cuenta para una selección de lugar.

- Presencia de muelle pesquero de apoyo. Este es uno de los principales factores al elegir un nuevo sitio para acuicultura. Sin el apoyo de un muelle pesquero, la actividad acuícola se complica en exceso, al tener que operar desde la playa con pequeñas embarcaciones. Cualquier proyecto de maricultura que aspire al éxito debe estar planteado tomando como base de operaciones un muelle pesquero.
- Condiciones climáticas y oceanográficas: debemos evitar en lo posible la cercanía a zonas de alta escorrentía y zonas con alta turbidez, desembocaduras de ríos y Golfos. Asimismo, es preciso elegir zonas



con oleaje moderado para facilitar el trabajo diario de la granja. Los fondos deben ser lo suficientemente profundos como para permitir el uso de redes de suficiente profundidad, y estar a una distancia de la costa lo suficientemente grande como para evitar el efecto del mar de fondo. En general se recomiendan fondos superiores a 20 metros y distancia mínima de 1 milla al punto más cercano de la costa. En cuanto a corrientes, buscamos zonas con corrientes moderadas que favorezcan el intercambio de agua, pero no excesivas, que puedan perjudicar el crecimiento de los peces y la estabilidad de las instalaciones.

- Aspectos sociales y logísticos: es importante considerar cuales son los otros usuarios de la zona costera, tanto actuales como potenciales, para intentar compatibilizar el uso con los otros usuarios de la franja costera. Los aspectos logísticos (comunicaciones, disponibilidad de hielo y otros insumos) también son un factor más a tener en cuenta para la selección del lugar.

Descripción detallada de las instalaciones

Las instalaciones propuestas constan de:

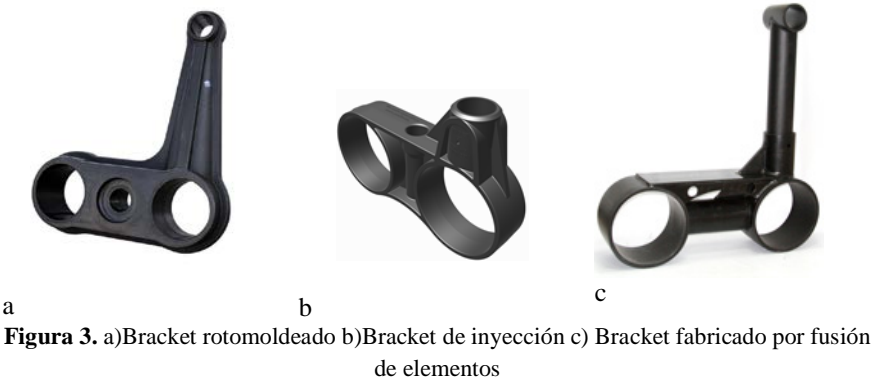
- Jaulas fabricadas con tubo de polietileno de alta densidad (HDPE) de varias dimensiones, de acuerdo con las necesidades.
- Entramados y fondeos fabricados con los siguientes elementos: muertos, anclas, cadenas de fondeo, estachas de fondeos, entramado de boyas y estachas.

Construcción de las jaulas

El material elegido para la construcción de las jaulas es tubería de polietileno de alta densidad (HDPE). Las jaulas están compuestas de dos anillos de flotación elaborados con tubería de polietileno de alta densidad, de diámetro de tubería adecuado al tamaño de las jaulas. Las jaulas están armadas con soportes; estos tienen dos funciones básicas: mantener la forma estructural de la jaula, y servir como barandilla para el amarre de la red anti-salto. Existen varios de soportes (brackets) disponibles en el mercado, además de existir la posibilidad de diseñar y construir nuestros propios modelos.

Brackets roto moldeados: son el tipo de soporte más extendido debido a la facilidad de diseño y a lo extendido de la técnica de rotomoldeo en todo el mundo. Este bracket se elabora partiendo de chips de polietileno, el cual se funde y vierte en un molde que luego se hace dar vueltas por una media hora en un horno de roto moldeo. Al enfriarse el polietileno fundido en contacto con el molde, este solidifica, y se obtiene la pieza diseñada, con un interior hueco y con el grosor de pared deseado según la cantidad de polietileno utilizada.





rackets de inyección: éste tipo de bracket se elabora inyectando polietileno fundido en un molde, y dejándolo enfriar. La pieza así producida es sólida, y más resistente que una pieza rotomoldeada. El principal inconveniente es el mayor coste de producción, especialmente para piezas con pequeñas tiradas como son los brackets de acuicultura.

Brackets fabricados por fusión de elementos: podemos fabricar nuestros propios brackets utilizando tubería de polietileno y soldando las piezas con una pistola extrusora de hilo de polietileno.

Descripción del armado

Fusionado de los tubos de polietileno.

Tanto los tubos de flotación como los tubos de barandilla se soldarán utilizando la tecnología de soldadura a tope (butt fusion). Para ello se utilizara una máquina de termofusión, ya sea alquilada o propia. El proceso de fusión de tubería se realiza de acuerdo con los estándares de fusión para la industria del agua y del gas, siguiendo las pautas publicadas por los fabricantes de tubería y maquinaria de termofusión.

Para la fusión de los tubos de flotación, se soldará en línea recta la longitud total del perímetro de la jaula (e.g. para jaula de aprox. 11.5 m de diámetro se suelda una longitud de 36 metros lineales). Para los tubos de barandilla se procederá de forma similar, soldando en línea recta una longitud igual a la del tubo de flotación interior. Fig. 2.

Cuando la jaula esta soldada en línea recta, se procede a darle la forma circular. Para ello nos ayudaremos con el apoyo de un montacargas y de un sistema de cabos y tensor de cables. Durante este proceso, los brackets estarán aun sin topes para facilitar la manipulación. Con el círculo cerrado, se procede a espaciar los brackets y soldar los topes utilizando para ello una pistola de extrusión de hilo de polietileno. Los brackets van espaciados a lo largo del perímetro de las jaulas, aproximadamente cada 1,8-2 metros. Para mantener esta distancia y evitar el corrimiento de los brackets, se utilizan unos topes de polietileno soldados al tubo



de flotación, que eviten que los brackets se desplacen de su posición. Una vez soldados estos topes, tenemos la jaula lista para su traslado al mar. Fig .3.



Figura 4. Jaula a media fabricación



Figura 5. Jaula terminada siendo trasladada al mar

Construcción de los entramados y fondeos

El entramado y fondeos son parte fundamental de la instalación, al darle la estabilidad y seguridad ante las inclemencias del tiempo. Este entramado en forma de retícula tiene la particularidad de actuar como estabilizador o amortiguador del oleaje, y de ser muy resistente al estar basado en fondeos múltiples, aguantando temporales con olas de hasta 7 metros de altura.

El entramado está compuesto de los siguientes elementos:



- Líneas de fondeo: compuesta por ancla y/o muerto de hormigón, cadena, y estacha de fondeo.
- Entramado propiamente, o retícula, compuesto por anillas de distribución, boyas, cadenas y estachas de entramado.

La configuración esquemática del fondeo y entramado vista en planta es la siguiente:

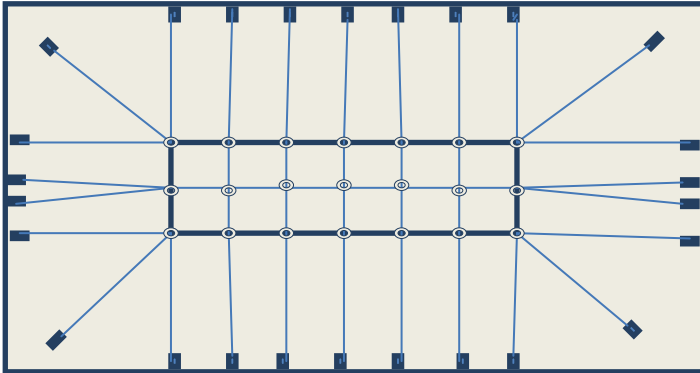


Figura 6. Entramado con 26 puntos de fondeo, vista superior

Este es un entramado de 12 celdas y 26 puntos de fondeo, para instalar jaulas de 11,5 m de diámetro. En entramado en sí está situado aproximadamente 4 metros por debajo de la superficie, sustentado por boyas y anclado al fondo por estachas de fondeo.

Instalación de jaulas y redes

Jaulas: Una vez construidas las jaulas e instalado el entramado, se procederá a la instalación de las jaulas en el entramado. Cada jaula irá instalada en el interior de una de las celdas del entramado, amarrada por un total de 12 cabos (estachas) de amarre, 3 en cada esquina de la celda. El amarre a las jaulas se realizara en forma de 8 alrededor de los 2 tubos de flotación, y a la anilla del entramado, aproximadamente 4 metros por debajo de la superficie.

Redes: Las redes se colocarán en su jaula respectiva en el momento en que vayan a ser utilizadas, para no perjudicar su vida útil. El amarre de las redes se realizará atando los cabos de 4,30 metros a los tubos de flotación, y los cabos de barandilla a las barandillas. En todo caso, el peso de las redes debe estar soportado por los anillos de flotación, y nunca por las barandillas.





Figura 7. Vista parcial de una granja marina en Canarias



Figura 8. Alimentación manual de los peces

Manejo diario

Alimentación. Esta es la base de todo cultivo, y es la tarea fundamental en la rutina diaria de la explotación. Para calcular la alimentación diaria se deberá tener una estimación de la biomasa en la jaula, y unas tablas de alimentación. Estas tablas de alimentación suelen elaborarlas los fabricantes de alimentos balanceados realizando pruebas de alimentación a diferentes tallas y temperaturas.

Revisión de redes y amarres al entramado. Esta revisión la realizarán los buzos realizando una inspección visual alrededor de cada jaula, para comprobar si hay algún desperfecto en las mallas o en los amarres. En caso de cualquier desperfecto, por pequeño que sea, este debe ser reparado de inmediato para evitar los escapes de los peces o camarón de cultivo. Esta revisión es diaria.



Revisión de cadenas y grilletes del entramado. El entramado obtiene su flotabilidad gracias a las boyas situadas sobre cada una de las anillas de distribución. Estas boyas están sujetas a las anillas por medio de cadenas y grilletes. Semanalmente se debe revisar visualmente el estado de los grilletes (desgaste, holgura de las tuercas) ya que de esto depende la seguridad del entramado. Mensualmente se deberá medir el grosor de la cadena en varios puntos, para poder decidir en qué momento se debe cambiar la cadena.

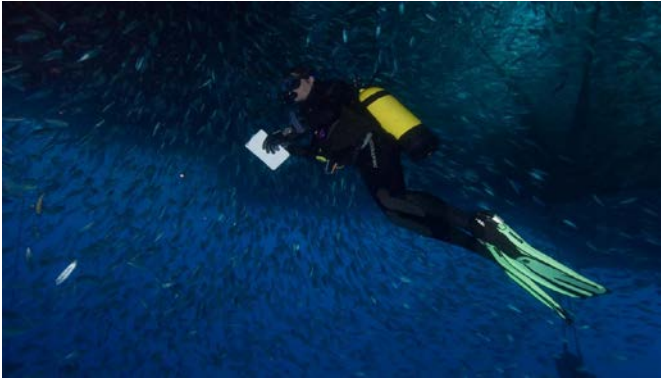


Figura 9. Revisión de redes por buzos

Operaciones de pesca: Una vez alcanzada la talla comercial, se realizarán pescas regulares para la venta del producto. La pesca se realiza utilizando una red de cerco dentro de la jaula, concentrando los peces capturados, y pescándolos con una sacadera. La pesca se recoge en cubas de 600 litros llenadas parcialmente con agua y hielo para garantizar la muerte rápida del pescado y de este modo alargar la vida útil de este.



Figura 10. Operación de despesque dentro de la jaula



Mantenimiento regular

Las revisiones mencionadas en el apartado anterior se corresponden con el trabajo rutinario que puede ser llevado a cabo por el personal de la granja. Los siguientes trabajos, por su peligrosidad y por ser más infrecuentes, pueden ser realizados por personal propio o subcontratado.

Revisión de fondeos. Una vez al mes es necesario revisar el estado de la cadena de fondeo y sus grilletes de conexión al muerto y a la línea de fondeo. En caso de observar que algún grillete está excesivamente desgastado, se reportará para proceder a su reemplazo en la siguiente revisión.

Re-tensado. La instalación del entramado debe estar en estado de tensado para que trabaje adecuadamente y no se produzcan daños en las jaulas. Esto quiere decir que las estachas de fondeo y de entramado no deben estar en banda, sino formando líneas lo más rectas posibles (con una pequeña curvatura inevitable). De lo contrario los golpes del oleaje desplazarían a las jaulas contra el mismo entramado, causando daños importantes a las mallas.

La instalación inicial se entregará en condiciones de tensado óptimas. Sin embargo, a lo largo de los meses, y como efecto de las fuerzas actuantes sobre las jaulas, es inevitable que se produzcan pequeños corrimientos de los muertos que cause un destensado del entramado. Con la periodicidad que sea necesario, tendrá que realizarse el re-tensado de la instalación. Para realizar esta operación, un buzo amarra un cabo de unos 200 m de longitud al muerto de la línea que se desea tensar. Este cabo se amarra a la popa de una embarcación con la suficiente potencia como para arrastrar al muerto los metros que sea necesario hasta conseguir el re-tensado de ese punto de fondeo. La operación hay que repetirla tantas veces como sea necesario hasta que todos los puntos de fondeo estén tensos y el entramado vuelve a tener una forma de cuadrícula. Es fundamental vigilar la seguridad del buzo en todo momento, y no iniciar la maniobra de tensado hasta tener la seguridad de que el buzo esta en zona segura.

Seguimientos ambientales

La actividad acuícola puede tener un impacto en el medio ambiente debido al uso de alimentos balanceados y la inevitable excreción de metabolitos al medio acuático (López-Alvarado, 1997) Para cumplir con la legislación vigente, todo proyecto cuya producción anual supere las 500 toneladas debe realizar un programa de vigilancia ambiental para garantizar la sostenibilidad ambiental del proyecto y de la zona utilizada. Este programa ambiental incluye un estudio pre-operacional de la zona, en el cuál se caracterizan las variables físico-químicas y ambientales de la zona previa a la instalación de la granja marina. Desde su creación, la industria acuícultora debe hacer frente, por un lado, a los requerimientos alimenticios de la población en una época donde las flotas pesqueras cada vez aportan menos a un mercado con mayores exigencias, y por otro lado, mantener una relación con el medioambiente lo menos dañina posible. La acuicultura es una actividad que interactúa de forma directa con el medio ambiente, por lo que se establecen una serie de requisitos, que desde su



instalación deben cumplir. Para ello se exigen unos Estudios de Impacto Ambiental (EIA) adecuados que evalúen de forma precisa los efectos de las instalaciones de cultivos marinos sobre el medio, proponiendo Programas de Vigilancia Ambiental (PVA) que deben valorar el estado de las comunidades cercanas a lo largo del funcionamiento de la actividad. En este sentido, el seguimiento ambiental que se establece para la acuicultura persigue evaluar y cuantificar los cambios ecológicos que tienen lugar en el medio marino, de manera que se puedan identificar impactos y establecer medidas correctoras para minimizarlos. Así pues los procesos de monitorización pueden ser considerados como una progresión de los estudios de impacto ambiental. Un Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) debe diseñarse a partir de los datos obtenidos en el Estudio de Impacto Ambiental, haciendo hincapié en las comunidades más representativas y en aquellas más susceptibles a sufrir alteraciones al instalar en su entorno una actividad ajena al medio natural. En este sentido, el PVA, debe recoger, a priori, muchos de los análisis realizados en el Estudio de Impacto Ambiental, viéndose reducido y optimizado una vez que el EIA haya finalizado. Este PVA, además de la importancia que supone en la mejora de la Gestión Ambiental, servirá para informar al Órgano Administrativo responsable, de los aspectos ambientales y/o del medio que deben ser objeto de control y seguimiento.

Objetivos del PVA y fases

Los objetivos del PVA son los siguientes:

- Realizar un seguimiento adecuado de los impactos identificados en el EIA, determinando si se adecuan a las previsiones del mismo.
- Detectar los impactos no previstos articulando las medidas necesarias de prevención y corrección.
- Verificar el cumplimiento de las posibles limitaciones o restricciones establecidas.
- Supervisar la puesta en práctica de las medidas preventivas y correctoras diseñadas en el EIA, determinando su efectividad.
- Realizar un seguimiento para determinar con especial detalle los efectos de la fase de instalación sobre los recursos, así como para conocer la evolución y eficacia de las medidas preventivas y correctoras implementadas.

El PVA se estructura en dos fases claramente diferenciadas:

- Fase de planificación, que se desarrollará en la fase de Evaluación de Impacto Ambiental.
- Fase de funcionamiento de las instalaciones previstas en el Proyecto.

De esta forma, el Plan de Vigilancia Ambiental se basa, en la realización de un conjunto de comprobaciones y análisis que constituirán la base necesaria para la realización de una serie de memorias con las que se informará ante la Administración del tipo y grado de afección ambiental generada en cada momento por las distintas acciones derivadas del proyecto.



Los parámetros a estudiar son los siguientes:

- Sedimento: N, C, P, MO, granulometría, bionomía bentónica
- Agua: N, P y sólidos

Área a estudiar:

- Estaciones de control: a bastante distancia de los posibles focos de alteración: en las balizas perimetrales
- Estaciones de impacto: justo debajo de las jaulas de cultivo



Figura 11. Seguimiento ambiental de los fondos cercanos a la concesión

Aplicación de la tecnología en el Ecuador para la diversificación de la acuicultura

En el Ecuador la acuicultura se ha desarrollado fundamentalmente en cultivo en piscinas de tierra, para la producción de camarón y tilapia, generando alrededor de 187.000 puestos de trabajo directos e indirectos, produciendo alrededor de USD 670 millones al año por concepto de exportaciones (FAO, 2013). La futura expansión de la acuicultura en el Ecuador pasa por irse a producir al mar abierto, por estar ya ocupada una gran franja de la costa y existir otros usos alternativos y limitaciones ambientales.

La principal especie cultivada en el Ecuador en agua salada es el camarón. Además, la tilapia ha adquirido importancia en años recientes como especie adicional en camaronerías. Existen ya experiencias previas de cultivo de camarón (Zarain-Herzberg, 2009) y tilapia de agua salada (El-Sayed, 2006) en jaulas. La tecnología de jaulas servirá en un principio para la diversificación espacial y tecnológica de la acuicultura en Ecuador, cultivándose especies para las que ya existe un mercado y unas técnicas de cultivo desarrolladas (camarón y tilapia).

La tecnología de cultivo en jaulas en mar abierto puede ser además una herramienta muy útil para la diversificación de las especies de la acuicultura en el Ecuador. Esta tecnología es adaptable a cualquier tipo de especie y es muy económica en comparación con los costes implicados en la producción acuícola



en tierra. La costa ecuatoriana muestra un gran potencial para el desarrollo de esta tecnología: una extensa plataforma continental, y la práctica ausencia de episodios meteorológicos destructivos, además de un régimen de altas temperaturas a lo largo de todo el año, dan a priori las condiciones óptimas para cultivos en jaulas flotantes. Para el desarrollo y la diversificación de la acuicultura en el Ecuador es necesario además tener disponible semilla del organismos a cultivar, y conocer los requerimientos nutricionales de los organismos a cultivar (López-Alvarado, 1995; López-Alvarado y Kanazawa, 1997).

Especies candidatas pueden ser en una primera fase especies para las que ya existen técnicas de cultivo desarrolladas (e.g. cobia), y más adelante especies locales para las cuáles se está investigando y cerrando su ciclo productivo a nivel comercial (e.g. huayaipe, pargo).

Conclusiones

El cultivo de organismos acuáticos en jaulas flotantes ha sido una alternativa para la producción acuícola durante décadas. Estas técnicas, utilizadas adecuadamente en los lugares apropiados, permiten el cultivo de especies acuícolas en condiciones ambientales idóneas y a un costo más reducido que en tierra firme. La experiencia acumulada en otros países servirá como línea de base para el desarrollo de la maricultura en el Ecuador. Las buenas condiciones climáticas y geográficas del país sin duda permitirán una elevada producción, ayudando al desarrollo de este sector productivo y a la diversificación de la acuicultura en el Ecuador.

Agradecimientos

El autor agradece al Proyecto Prometeo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador por el patrocinio de este trabajo.

Referencias

- Coche, A.G., 1978a The cultivation of fish in cages. A bibliography. FAO Fish.Circ., (714):43 p
- El-Sayed, A.-F., 2009. Tilapia culture in salt water: environmental requirements, nutritional implications and economic potentials. En: VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola.
- FAO, 2013. Perfiles sobre la pesca y la acuicultura por países, La Republica del Ecuador [<http://www.fao.org/fishery/facp/ECU/es>]



- Ling, S.W., 1977 Aquaculture in Southeast Asia. Seattle, Washington, University of Washington Press, 108 p.
- López-Alvarado, J., 1995. [Amino Acid Nutrition of two marine fish larvae: the red sea bream, *Pagrus major*, and the Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*](#). PhD Thesis, Kagoshima University, Japan, 170 pp.
- López-Alvarado, J., 1997. Aquafeeds and the Environment. *Cahiers Options Méditerranéennes* 22, 275-289
- López-Alvarado, J., & Kanazawa, A., 1997. Effect of dietary protein sources in microdiets on feeding behavior and growth of red sea bream, *Pagrus major*, during weaning and metamorphosis. *Journal of Applied Aquaculture*, 7(3), 53-66.
- Zarain-Herzberg, M., 2009. Development of new sustainable techniques for shrimp culture in Mexico using floating seawater cages. En: *Aquaculture Research Progress*. Editor, Takumi Nakamura.



Valoración ambiental como determinante de espacios factibles para el desarrollo de una maricultura sustentable en Ecuador

Ana Verónica García Condo*, Jerry Landívar Zambrano

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas Oceánicas y Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Guayaquil-Ecuador

**Consultora privada*

E-mail: avgarcia@espol.edu.ec, landivar@espol.edu.ec

Resumen

La presente tesis tiene como objetivo identificar los factores abióticos en el medio marino para el desarrollo de cultivos en mar abierto y plantear el desarrollo e instalación de cultivos con sus respectivas unidades de operación, según el análisis obtenido del presente estudio. En esta tesis, se analizan y procesan factores abióticos empleando soportes lógicos y se analizan los eventos presentes en el ámbito océano-atmosférico frente a las costas de Ecuador. En el primer Capítulo, se delinearán los conceptos y características de las componentes ambientales y meteorológicas de la costa ecuatoriana y su inferencia en la dinámica biológica, productividad marina y en la aplicación de tecnologías de cultivo. El proceso y esquema de análisis de la data obtenida se detallarán en el Capítulo II. Los resultados del análisis se expondrán en el Capítulo III, en donde se correlacionará el comportamiento de dichos factores con la potencial factibilidad en el desarrollo de maricultura en el mar ecuatoriano. Por último, se manifestarán las conclusiones y recomendaciones en orden de secundar el desarrollo metódico y planificado de la Maricultura en Ecuador.

Palabras clave

Maricultura; Factores abióticos; Ambiente marino; Estructuras navales de cultivo; ENOS.



Introducción

La soberanía de una nación tradicionalmente radica en la defensa de su territorio, y por consiguiente en la vigilia de sus recursos, en el conocimiento de sus extensiones y el estudio de sus características. La guerra del atún, uno de los más recientes conflictos que gracias a la CONVEMAR, se logró esclarecer y sucesivamente otorgar a Ecuador su derecho a las 200 millas de extensión marítima, es un claro ejemplo de las instancias a la que puede llegar la conformidad o desinterés en la defensa de nuestras riquezas, he aquí donde radica la importancia del desarrollo del sector acuícola hacia el mar. Una de las bases de la presente propuesta es fomentar la maricultura en Ecuador, estructurada y apoyada en la investigación. En el país se considera aún como una actividad relativamente nueva todo lo concerniente a cultivos en mar abierto, a pesar que Centros de Investigación como el CENAIM, cuentan con ensayos de este tipo de cultivo, dejando en términos generales una gran brecha de falencias en cuanto a estructuración y planificación en cultivos marinos. En el presente trabajo se plantea un método de análisis continuo y lógico de variables abióticas y factores océano-atmosféricos presentes en las costas del Ecuador en orden de monitorear las fluctuaciones que estos factores sufren en las costas y sus consecuencias en el comportamiento productivo y biológico en el área. De forma adicional, en este trabajo se presenta la propuesta conceptual de una estructura naval de cultivo basada en el tipo de estructura disponible en el mercado, la que se adaptaría según el carácter del sector donde se plantee su emplazamiento dentro de las costas ecuatorianas.

Factores océano-atmosféricos que determinan el desarrollo de cultivos en el mar de Ecuador

El nivel productivo de un área está íntimamente ligado a los factores ambientales en los que se desarrolla. Los principales factores que influyen la diversidad y riqueza en una extensión marina son las surgencias, las corrientes oceánicas, además de factores como las olas y los vientos, de igual forma anomalías atmosféricas.

En la Figura 1. Se observa el decrecimiento en la producción pesquera en la zona correspondiente entre otros países a Ecuador. Muchas de estas áreas incluyen regiones de afloramientos oceánicos que se caracterizan por una gran variabilidad natural, incluyendo el mar ecuatoriano.



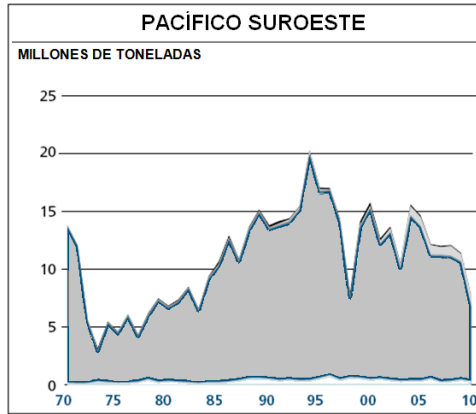


Figura 1. Producción del Área 87

Anomalías en el mar: ENOS

El título principal (en la primera página) debe empezar a 3.49 cm. del borde superior de la página, centrado y a tamaño 14 Times, tipo negrilla. En mayúsculas la primera letra de nombres, pronombres, verbos, adjetivos y adverbios; en minúsculas artículos, conjunciones o preposiciones (a menos que el título empieza con esa palabra). Deje una línea de espacio en blanco después del título en tamaño 10.

Tabla 1. Intensidad de ENOS en Ecuador

| INTENSIDAD (ENOS) | AÑOS DE INSIDENCIA |
|-------------------|---|
| DÉBIL | 1969 - 70; 1976 - 77; 1977 - 78 y 1987 - 88. |
| MODERADO | 1986 - 87; 1994 - 95; 2002 - 03. |
| FUERTE | 1972 - 73; 1982 - 83; 1997 - 98. |

ENOS y las Mareas Rojas en Ecuador

Cuando se experimenta la alteración meteorológica denominada El Niño en las costas del Ecuador, la fertilidad marina disminuye, ingresan masas de agua cálida con grupos de especies de dinoflagelados, que se relacionan directamente con incidencia de mareas rojas.



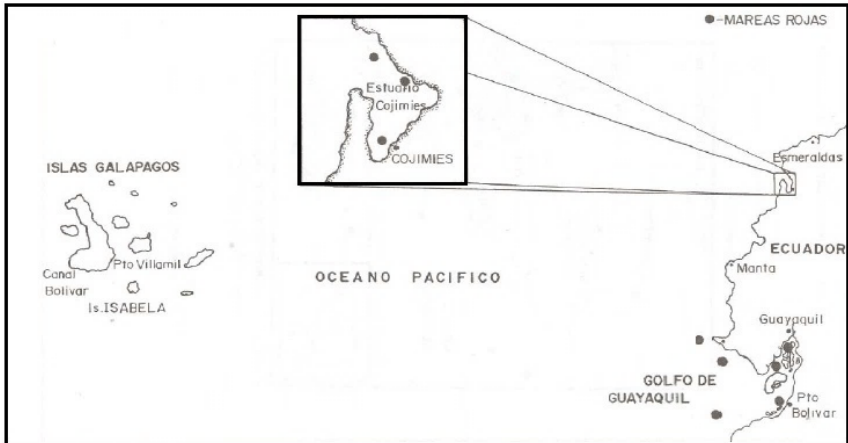


Figura 2. Zonas de incidencia de Mareas Rojas en Ecuador

Es importante considerar la dinámica a la que estos organismos están sujetos tales como los factores ambientales en ciertas zonas de la costa, ya que existe una relación entre estos factores y el desarrollo de las mencionadas mareas rojas.

Descripción del Proceso Experimental

Para la realización del presente trabajo se aplicaron dos metodologías para el manejo, obtención y análisis de la información obtenida, sendas metodologías fueron aplicadas en relación al tipo de dato que se trató en este proyecto.

Materiales y métodos

Modelamiento de Corrientes

El registro de cotas del perfil costero se obtuvo a través de la plataforma de descarga ETOPO1, que es un modelo de relieve topográfico de la Tierra, creado por el National Geophysical Data Center de la NOAA.

Los equipos y materiales utilizados fueron:

- Una PC con sistema operativo Windows XP 32 bits.
- Sistema lógico Mohid Studio.
- Sistema lógico Google Earth.
- Sistema lógico Surfer 8.
- Registros de armónicos de mareas.



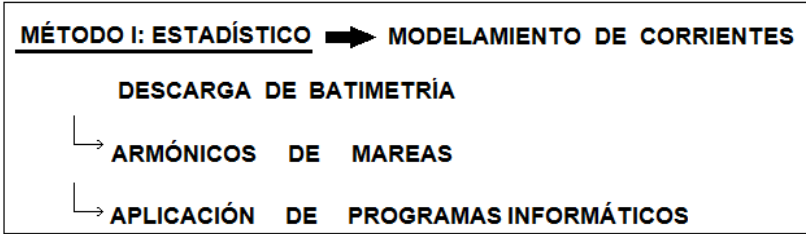


Figura 3. Esquema del método aplicado para el modelamiento de corrientes

Visualización de Factores Abióticos

Ese realizó la descarga de los registros de factores abióticos desde portales de diferentes proyectos de la NOAA, en los que la información está disponible de forma gratuita.

Los equipos y materiales utilizados fueron:

- Una PC con sistema operativo Windows XP 32 bits.
- Sistema lógico Matlab R2010a.
- Sistema lógico Ocean Data View 4.
- Sistema lógico Excel 2007.

Tabla 2. Variables descargadas desde portal de la NOAA

| |
|---------------------------------|
| Temperatura |
| Salinidad |
| Oxígeno Disuelto |
| Oxígeno Saturado |
| Utilización Aparente de Oxígeno |
| Fosfato |
| Silicato |
| Nitrato |

La extracción de datos específicos a la zona de interés a evaluar, se emplea el software MATLAB R2010a.

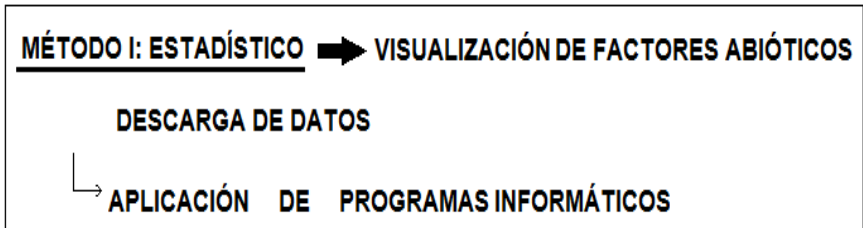


Figura 4. Esquema del método aplicado para la obtención de la visualización de factores abióticos



Una vez extraída e interpolada, la data se procede a analizar gráficamente, para este fin se empleó en software Ocean Data View 4 (ODV4), con la finalidad de graficar los datos de forma clara y específica.

Operacionalización de Variables

Se obtuvo la información a través de publicaciones que están a disposición en la internet, el análisis de estos registros consistió en organizar en orden cronológico los datos y posteriormente su respectiva tabulación.

El método aplicado en este apartado fue el Método Histórico, ya que se realizó un estudio de la trayectoria real de los fenómenos y acontecimientos como ENOS y además las mareas rojas frente a la costa de Ecuador.

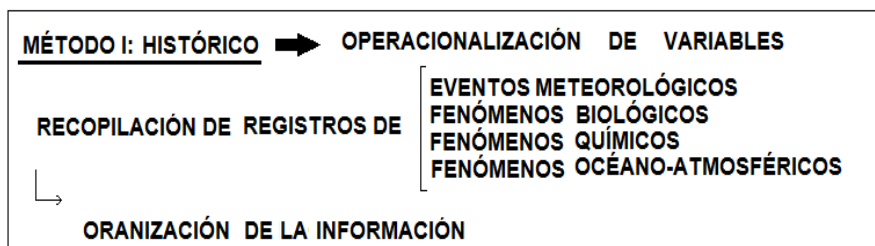


Figura 5. Esquema del método aplicado para la operacionalización de variables

Tabla 3. Fuentes de mediciones y registros obtenidos.

| Procesos | Cobertura de Datos | Fuente |
|------------------------|--------------------|--|
| Corrientes | 1992 - 2008 | Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 15(1), 2009. |
| | 2000 - 2012 | Ocean surface Current Analyses – Real time (OSCAR). |
| ENSO | 1969 - 1998 | CIIFEN, 2006. El Fenómeno El Niño y La Niña |
| Mareas Rojas | 1989 - 1999 | Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 10(1), 2000. |
| Productividad Oceánica | 1973 - 2000 | Atlas de la Pesquería de Atún en el Océano Pacífico Oriental. |
| Clorofila | 2002 - 2013 | Ocean Watch, SWFSC/ Environmental Research Division. |
| Olas /Viento | 1979 - 1986 | Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 4(1), 1987. |
| | 1978 - 2007 | Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, Ecuador, 15(1), 2009. |
| Temperatura | 2009 - 2012 | Ocean Watch, SWFSC/ Environmental Research Division. |
| | 2001 - 2013 | Ocean Watch, SWFSC/ Environmental Research Division. |



La segunda y siguientes páginas deben empezar a 2.54 cm del borde superior. En todas las páginas, el margen inferior debe estar a 2.86 cm, mientras que, los márgenes izquierdo y derecho deben ser a 2.3 cm.

Resultados

En los resultados se despliega el producto obtenido a partir del procedimiento efectuado. Considerando que se analizaron tres grandes componentes de los factores océano-atmosféricos, los resultados presentados son desplegados siguiendo el orden de su evaluación.

Modelo Numérico de Corrientes

En orden de generar un análisis global de la dinámica de las corrientes costeras en Ecuador, y mediante éste, discernir el carácter de las mismas en épocas específicas del año, y en puntos específicos de la costa, se obtuvo un modelo numérico de este factor ambiental, que puede ser replicado, editado y aplicado en torno a las necesidades o intereses que se requiera.

El modelo en cuestión replica el comportamiento de la circulación oceánica en sectores próximos a la costa. Es importante enfatizar que el comportamiento de las corrientes está íntimamente ligado e influenciado por el viento, las mareas y la batimetría del área en cuestión.

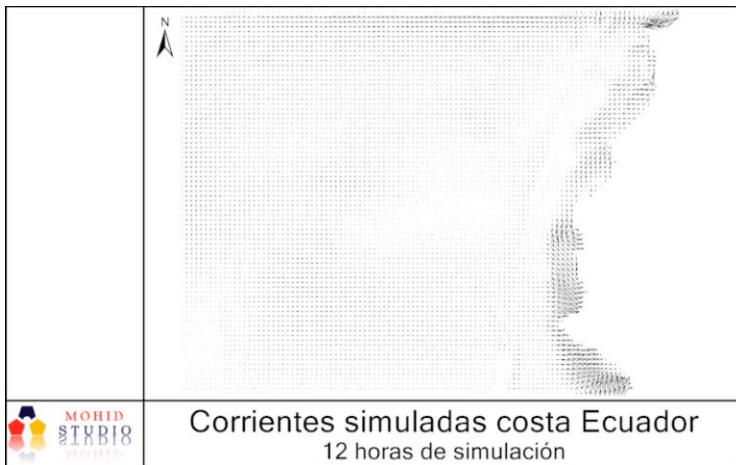


Figura 6. Vista preliminar del modelo de corrientes costeras.

Visualización de Factores Abióticos

En las gráficas a continuación expuestas, se observa la variación a lo largo de la costa ecuatoriana del factor evaluado en cada una de las imágenes.



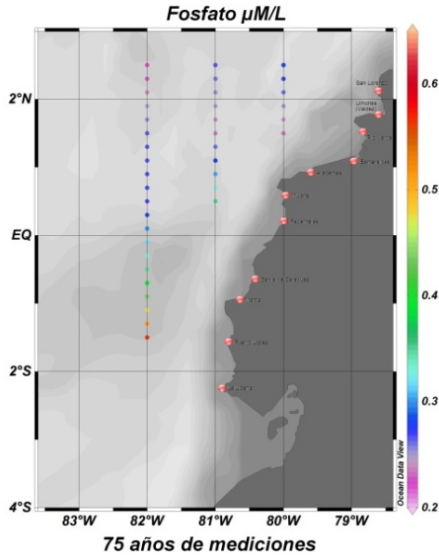


Figura 7. Fluctuaciones de Fosfato frente a las costas de Ecuador.

La presencia de Fosfato es muy importante ya que es un elemento imprescindible en la síntesis de la materia orgánica en el mar, de tal forma que la escasez de fosfatos en zonas de actividad fotosintética limitaría la productividad primaria. Se observa frente a las costas de Ecuador niveles bajos de Fosfatos hacia el Norte del país, registrando rangos entre 0.2 $\mu\text{M/L}$ y no más de 0.3 $\mu\text{M/L}$.

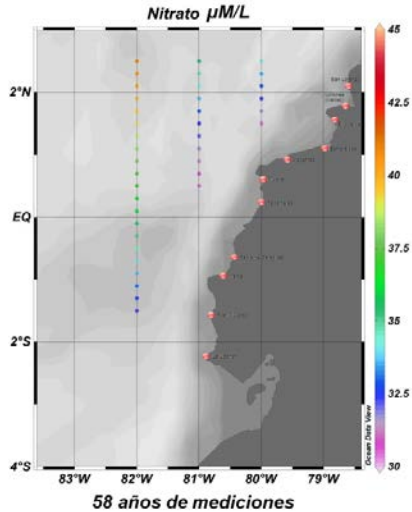


Figura 8. Fluctuaciones de Nitrato frente a las costas de Ecuador.



Frente a la costa ecuatoriana encontramos valores elevados de Nitrato, desde 45 $\mu\text{M/L}$ a 40 $\mu\text{M/L}$ desde Limones a San Lorenzo a 35 $\mu\text{M/L}$ a 32.5 $\mu\text{M/L}$ frente a Bahía de Caráquez y Pedernales.

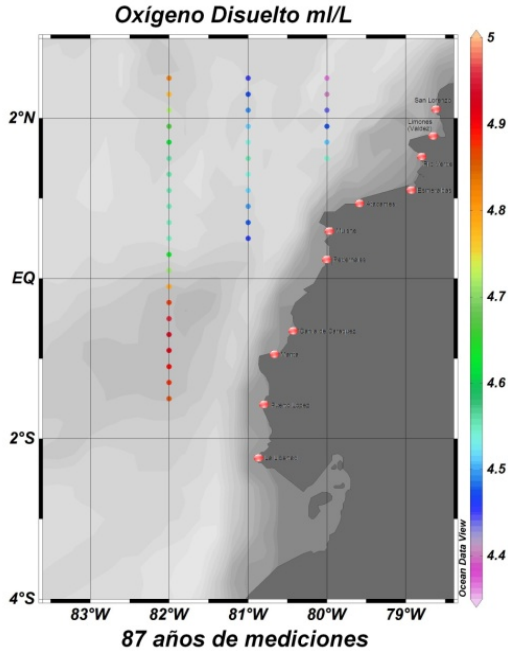


Figura 9. Fluctuaciones de OD frente a las costas de Ecuador.

La producción de la OD se relaciona con la fotosíntesis. El consumo de Oxígeno depende directamente de la respiración, la descomposición de sustancias orgánicas además de otras reacciones químicas. Se observa frente a las costas de Ecuador rangos desde 5ml/L en las costas de Bahía de Caráquez y valores de 4.5 ml/L frente a las costas de San Lorenzo.



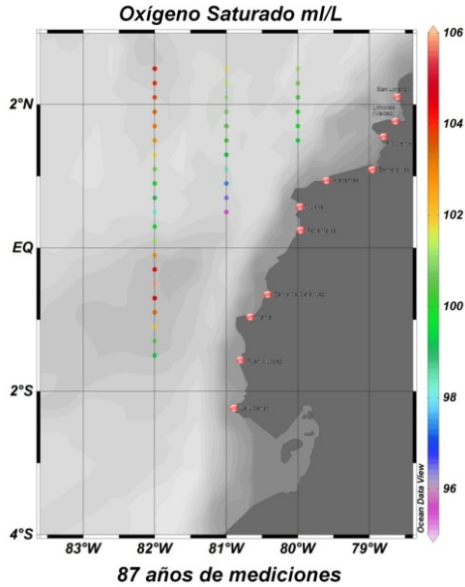


Figura 10. Fluctuaciones de OSat frente a las costas de Ecuador.

Observamos según el análisis realizado que los mayores niveles de saturación de Oxígeno se hallan frente a las costas de Limones, Río Verde y Atacames, con rangos de 100 ml/L a 102 ml/L.

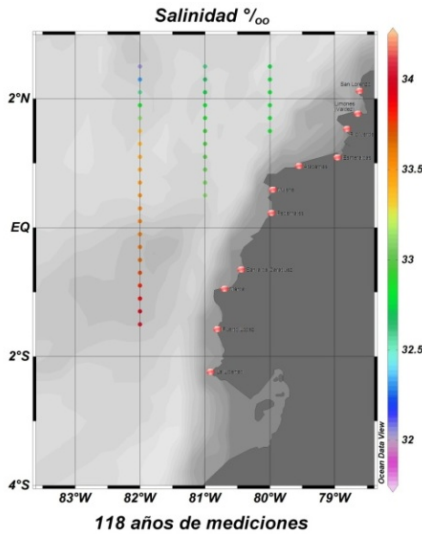


Figura 11. Fluctuaciones de Salinidad frente a las costas de Ecuador.



La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en un cuerpo de agua. Se aprecia en la Figura 11 que las más altas salinidades frente a la costa del Ecuador se hallan en las costas de Puerto López, Manta y Bahía de Caráquez con valores de hasta 33.5 ‰.

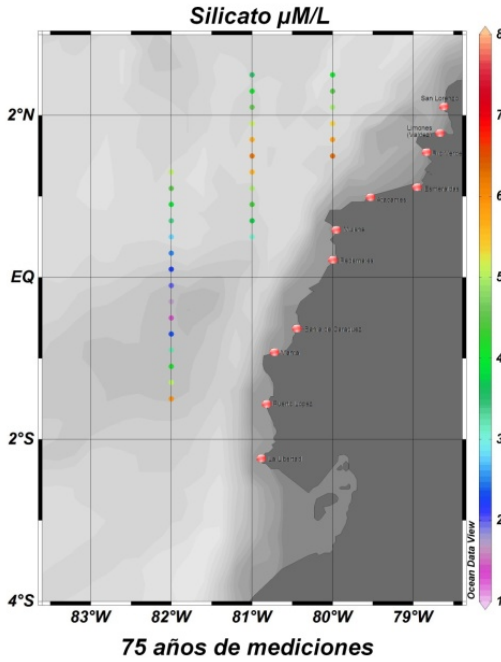


Figura 12. Fluctuaciones de Silicato frente a las costas de Ecuador.

La distribución y concentración del Silicio está controlada principalmente por procesos biológicos, de aquí la importancia de este factor en los cultivos en mar abierto.

En la Figura 12 se observa la presencia de concentraciones desde 1µM/L frente a las costas de Bahía de Caráquez hasta un máximo en sus concentraciones frente a San Lorenzo con 8µM/L.



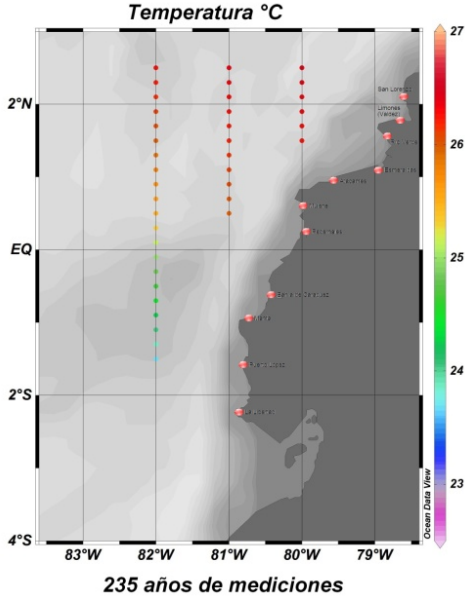


Figura 13. Fluctuaciones de Temperatura frente a las costas de Ecuador.

Como resultado del análisis de este factor encontramos que las aguas más cálidas se encuentran al norte del Ecuador, registrando valores de entre 26°C y 27°C.

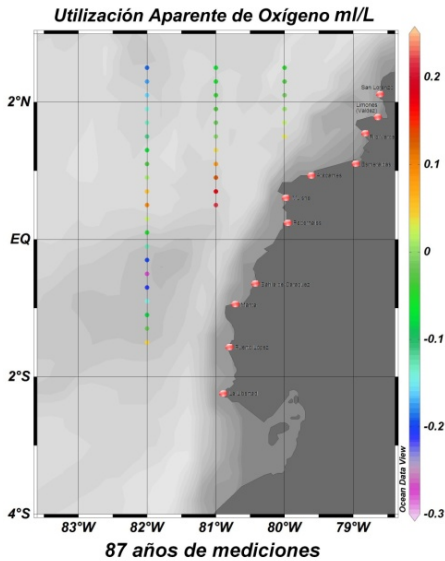


Figura 14. Fluctuaciones de UAO frente a las costas de Ecuador



La importancia de este factor en las aguas del mar radica en el grado de oxigenación que el área presenta, principal variable en el ámbito de la producción.

En la Figura 14 se aprecia fluctuaciones que van desde 0.2 ml/L frente a las costas de Muisne en la Provincia de Manabí como datos mayores, y rangos que van hasta los -0.3 ml/L frente a las costas de bahía de Caráquez, a 10 Km aproximadamente.

Conclusiones

De acuerdo a los valores obtenidos en el análisis de los factores abióticos, se concluye que ceñidos a los requerimientos de profundidad de cada una de las especies mencionadas, Huayaípe, Pargo y Cobia, la plataforma costera del Ecuador, no presenta ninguna limitante para la realización de este tipo de cultivos en mar abierto.

Los datos descargados desde INOCAR, no tienen períodos comunes de medición y por lo tanto, las relaciones generadas de velocidades de corrientes y altura de olas entre provincias, no son reales, por lo tanto se especifica que los resultados provenientes de estas mediciones, sirven únicamente para conocer preliminarmente las características de las variables en cuestión en las zonas evaluadas.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de factores abióticos de los datos descargados de la plataforma virtual de la NOAA, son generados a través de muestreo satelital, lo que permite generar proyecciones más allá de décadas, razón por la que este trabajo presenta una media de cien años de mediciones.

Se enfatiza la importancia de los factores ambientales en torno a la producción en todas sus escalas. Este trabajo pone en evidencia las diferentes componentes ligadas al desarrollo de cultivos en mar abierto. Componentes oceanográficas fundamentales para la estructuración y planificación de cultivos en el mar. De la misma forma se enfatiza la relación de estas variables con el diseño de unidades de cultivo, estructuras que previo a un cálculo, deben soportar las fuerzas en este trabajo expuestas detalladamente.

Se plantea este trabajo como método de análisis previo y de control para la instalación de unidades de cultivo en el mar como alternativa a la pesca extractiva y de igual forma, prever el tipo de organismo que se acoplaría con menor esfuerzo a las condiciones del mar ecuatorial.

Al considerar uno de los factores ambientales más importantes fisiológicamente para los cultivos, como lo es la Salinidad, se concluye que las variaciones en este factor a lo largo del perfil costero de Ecuador, no presenta limitantes para el cultivo de las especies de peces en este trabajo propuestas.



Referencias

- Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología. Capítulo VII, Circulación y Masas de Agua de los Océanos. Ictiología y Arqueología. Philippe Bearez, p 182.
- INOCAR, Informe Técnico sobre Estudios Oceanográficos en La Libertad (Oct. 1994 – Abril 1995).
- Allauca, S. Presencia de la Corriente Costanera Ecuatoriana Acta Oceanográfica del Ecuador, INOCAR, Vol. 6 No. 1, 1990.
- INOCAR, Informe Técnico sobre Estudios Oceanográficos en el área entre Punta Río Seco y Punta El Sombrerito, Provincia de Manabí (1993).
- INOCAR, Informe Técnico sobre Estudios Oceanográficos de El Mancito – Punta Blanca (1992).
- Allauca, S. y Lucero, M. Estudio de la Circulación costera frente al Puerto de La Libertad (Ecuador) utilizando flotadores Vol. 7 No. 1, 1992.
- INOCAR, Informe Técnico sobre Estudios Oceanográficos en Monteverde 1985, 2006 y 2008.
- INOCAR, Informe Técnico Parque Submarino en Salinas (2002).
- INOCAR, Informe Técnico sobre Mediciones de corrientes en Santa Rosa (2006).
- Soledispa, B. y Villacres J. Estudio Sedimentológico y Mineralógico de la plataforma continental ecuatoriana en el tramo comprendido entre Salinas y Ayampe. Acta Oceanográfica del Ecuador, INOCAR, Vol. 5 No. 1, 1989.
- CAPÍTULO I: Producción en los Océanos



Macrozonificación para proyectos de maricultura oceánica de pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*) en Ecuador

Johnny Chavarría^{1,2}, Jaime Mendo¹

¹Universidad Nacional Agraria La Molina.

²Universidad Estatal Península de Santa Elena

E-mail: joxchavarría@yahoo.com

Resumen

La selección de sitio es probablemente el aspecto más importante en el éxito y sostenibilidad de los proyectos de maricultura. Las especies locales pargo, *Lutjanus guttatus*, y huayaípe, *Seriola rivoliana*, son actualmente las únicas permitidas para la maricultura oceánica de peces en el Ecuador. Este trabajo presenta una macro-zonificación del mar ecuatoriano para el cultivo de tales especies, obtenida mediante rutinas de GIS, utilizando las restricciones normativas y definiciones anteriormente obtenidas en un estudio de Línea Base Ambiental. Los resultados expresan una mayor disponibilidad de superficie para proyectos artesanales (354.241 ha) definiendo también las áreas donde se pudiera hacer maricultura industrial (218.397 ha). La zonificación fue contrastada con el índice de adaptabilidad obtenido en la evaluación de las condiciones oceanográficas del mar ecuatoriano para la implantación de jaulas para el cultivo de tales especies a dos profundidades de jaulas, 10 y 20 m, respectivamente, realizada en un trabajo previo de los autores.

Palabras clave

Seriola rivoliana, *Lutjanus guttatus*, maricultura oceánica, zonificación

Introducción

La selección de sitio es probablemente el aspecto más importante en el éxito y sostenibilidad de los proyectos de maricultura. Esta es una tarea compleja, pues



las zonas marinas son sometidas a un uso cada vez más intensivo, a lo que se debe sumar la tendencia creciente a establecer áreas marinas con distintas categorías de protección ambiental. De hecho es factible que las áreas marinas protegidas se incrementen en Ecuador, como se puede colegir del documento Evaluación de Factibilidad de una Red de Áreas Costeras y Marinas Protegidas en Ecuador (Villegas *et al.*, 2005) que presenta 24 áreas consideradas prioritarias para conservación, en el mar ecuatoriano, desde la línea ecuatorial hasta el límite con el mar peruano, y de las cuales algunas han sido ya acogidas en el PANE - Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (Hurtado *et al.*, 2010; SNI-MAE, 2014).

En otro contexto, el diseño y fondeo de jaulas exige condiciones ambientales apropiadas de circulación, viento, olas y características del fondo marino, de modo que garanticen una operación segura y la sostenibilidad de las instalaciones. Esto será cada vez más importante y más costoso conforme los proyectos se alejen de la protección de la costa.

Desde el punto de vista biológico, las especies a ser cultivadas requieren que los sitios presenten también condiciones ambientales favorables a sus requerimientos fisiológicos, principalmente las condiciones térmicas y de circulación, de modo que mantengan, por un lado, una temperatura adecuada para el crecimiento óptimo de los organismos y, por otro, un adecuado recambio de oxígeno, que garantice los altos rendimientos asociados a estas prácticas acuícolas.

Los aspectos arriba indicados expresan la necesidad de establecer áreas técnicamente apropiadas para maricultura, lo que se daría a través de una planificación adecuada del espacio acuático que considere los aspectos normativos restrictivos, las condiciones ambientales más apropiadas para la ingeniería de jaulas y las características fisiológicas de las especies.

Chavarría (2014) en un Estudio de Línea Base Ambiental estableció los condicionantes normativos y las características oceanográficas más relevantes para efectos de maricultura oceánica, delimitando además, en base a criterios batimétricos y de calidad ambiental, el área de estudio. Mientras que estableció, en base a las características oceanográficas de masas de agua, cinco grandes zonas a evaluar conforme se muestran en la Figura 1 y se expresa en la Tabla 1.

Tabla 1. División del área de estudio en zonas latitudinales.

| Zona | Límites latitudinales | Aspectos oceanográficos |
|-----------------|--|---|
| I - Esmeraldas | Límite con Colombia (1° 28' 10.49" N) - 0° 45' N (Entre Punta Galera y Cabo San Francisco) | Mayor influencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS) y posible expansión del afloramiento panameño. |
| II - Pedernales | 0° 45' N - 0° 22' S (Cabo Pasado) | Influencia de ATS |
| III - Manta | 0° 22' S - 1° 3.6' S (Cabo San Lorenzo) | ATS e incursión del Frente Ecuatorial (FE) |



Tabla 1. Continuación...

| Zona | Límites latitudinales | Aspectos oceanográficos |
|------------------|---|--|
| IV - Santa Elena | 1° 3.6' S – 2° 11.3' S (Puntilla de Santa Elena) | FE con presencia de Agua Subtropical Superficial (ASTS) y Agua Ecuatorial Subsuperficial (AESS). Influencia de ATS durante la estación climática cálida (verano del sur). |
| V- Chanduy | 2° 11.3' S - 2° 30.1' S (Límite costero entre las provincias de Santa Elena y Guayas) | Flanco sur del FE con presencia de ASTS y AESS. Influencia de ATS y del estuario durante la estación cálida. Zona de exposición directa al oleaje predominante del suroeste. |

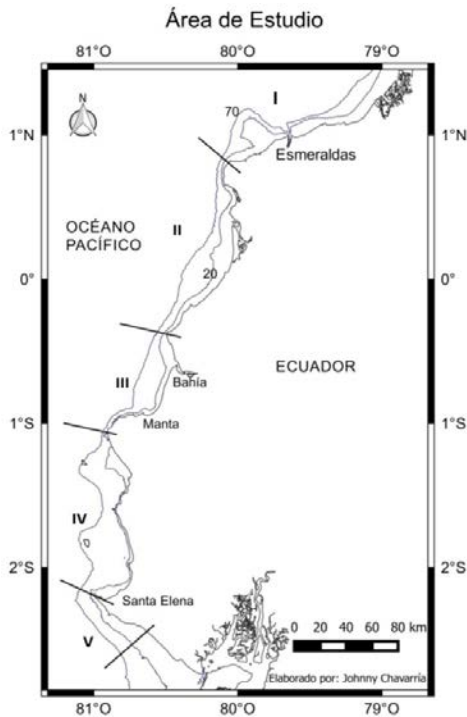


Figura 1. División latitudinal del área de estudio en cinco zonas, comprendidas entre las isobatas de 20 a 70 m de profundidad (Chavarría, 2014).

La línea base mostró una buena calidad ambiental en el área de estudio, tanto en agua como en sedimentos, mostrando también condiciones de ingeniería apropiadas para la implementación de los sistemas de granjas marinas.



Por otro lado, Chavarría *et al.* (2015) realizaron un estudio evaluativo de las condiciones ambientales del mar ecuatoriano para la adaptabilidad del pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliana*) con fines de maricultura oceánica. Habiendo obtenido índices de adaptabilidad para las dos especies en las cinco zonas y para dos profundidades de jaulas, 10 y 20 m. Estos índices indicaron que las mejores áreas para el cultivo de huayaípe son las zonas del sur del Ecuador, caracterizadas como zonas III, IV y V, presentando mejores condiciones para la implantación de jaulas de 10 m de profundidad. Mientras que, el cultivo de pargo se proyectaría mejor en las zonas del norte, caracterizadas como zonas I y II, seguidas de la Zona III. En estas zonas no habría diferencia entre las jaulas de 10 o 20 m de profundidad. Se puede destacar que la zona III, que presenta condiciones térmicas intermedias, se muestra propicia para los dos tipos de cultivo, siendo relativamente mejor la proyección de jaulas de 10 m de profundidad.

En este contexto, previo al análisis integrado por zonas que permita dar una valoración final a sus capacidades de mantener adecuadamente los cultivos de las dos especies, es necesario determinar las zonas donde sería técnicamente factible realizar maricultura oceánica es decir realizar una macro-zonificación para los cultivos. Posteriormente, con un análisis de Evaluación Ambiental y Sostenibilidad, se determinará una micro-zonificación que permitirá determinar las áreas donde sería factible hacer acuicultura marina sostenible.

Materiales y métodos

La información cartográfica geo-referenciada se procesó utilizando el sistema de información geográfica QGIS 2.6 Brighton (*open source*). Se trabajó en base a la generación de varias capas de información, para lo cual se utilizó mapas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAPE) elaborados por el Ministerio del Ambiente (MAE) e información obtenida del Sistema Nacional de Información (SNI, 2014). La batimetría fue geo-referenciada de las cartas IOA 100, 101, 102, 103, 104, 105 y 106 escala 1:100000 del INOCAR. Toda la información procesada en SIG fue manejada en coordenadas UTM referidas al datum WGS84 y al meridiano 17 centrado en 81°W.

Primeramente se establecieron las restricciones normativas ambientales y pesqueras que afectan a la ZIA, las cuales fueron manejadas con rutinas GIS. Esta información fue contrastada con la batimetría de la ZIA representada gráficamente cada 10 m de cambio de profundidad desde la isóbata de 20 m hasta la isóbata de 70 m, como fuera definido en el Estudio de Línea Base Ambiental.

Alrededor de las áreas protegidas se consideró un área de amortiguamiento de 2000 m para satisfacer adecuadamente el aspecto normativo de monitoreo del *Instructivo para la ejecución de proyectos de investigación de maricultura* (VAP, 2012) que establece que, *en el caso de jaulas, las muestras para análisis*



de sedimentos, se obtendrán, entre otras, en una estación control alejada 1000 metros del emplazamiento y alineada con la dirección de la corriente predominante.

Para la macro-zonificación se consideraron las capas de información previamente descritas, diferenciando las áreas técnicamente viables por sectores, artesanal e industrial. Con rutinas de geoprocreso se estimaron las áreas disponibles para maricultura oceánica en cada zona.

Resultados

El análisis integrado de las distintas capas de información es presentado en la Figura 2. Primeramente se destaca la zona de 8 millas náuticas a lo largo del perfil costanero, de uso exclusivamente artesanal. Es decir que dentro de esa área está prohibida la actividad acuícola industrial y únicamente pueden desarrollar proyectos los gremios reconocidos de pescadores artesanales (MAGAP, 2012).

En una posición más cercana a la costa, se presenta la franja de una milla náutica de protección de producción de especies pesqueras (MAGAP-SRP, 2007). Si bien esta última norma, por su antigüedad, no excluye las actividades de maricultura, está en discusión el concepto, pues es igualmente considerada un área de reserva. Las actividades maricultura artesanal pudieran ser factibles luego de la primera milla, no obstante no es recomendable realizar proyectos de jaulas en profundidades menores a 20 m (Silva *et al.*, 1999; Macías *et al.*, 2001; Benneti *et al.* 2010). Obsérvese que en la mayor parte de los casos, salvo en sectores de las Zonas III y IV, no existe coincidencia entre la isóbata de 20 m y la distancia de 1 mn, lo que significa que las actividades de maricultura se deben realizar a una distancia mayor de la costa.

Finalmente, se ha incorporado otros elementos de exclusión normativa como son las áreas del Patrimonio Natural del Estado (PANE) con reservas marinas o con influencia en el área marina. En estas áreas existe la prohibición de realizar maricultura (MAGAP, 2012). Considerando los requerimientos de vigilancia marina a partir de la operación de las granjas, será necesario contar con estaciones control fuera de los emplazamientos a distancias que pueden llegar a los 1000 m de los mismos. De este modo, en la vecindad de las áreas protegidas cabría la posibilidad de que estas fueran afectadas por las granjas cercanas, lo cual no es posible. En consecuencia se ha determinado e incorporado a las cartas un área de amortiguamiento de 2000 m, donde podría ser posible realizar monitoreo pero no maricultura.



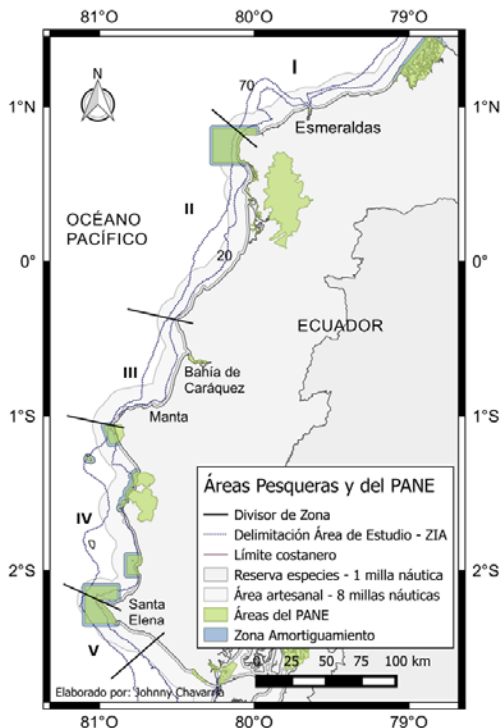


Figura 2. Áreas pesqueras y del PANE que expresan algún nivel de exclusión normativa para proyectos de maricultura.

Macrozonificación

Con los antecedentes descritos, se realizó la macro-zonificación, obteniendo las áreas técnicamente viables para maricultura, para los sectores artesanal e industrial, conforme se presenta en las Figuras 3 a la 7. Las superficies, en hectáreas, disponibles para proyectos, totales y por Zona, son presentadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Estimación de la superficie de las áreas técnicamente viables para maricultura

| Zona | Superficie (ha) disponible para proyectos | | |
|--------------|---|-----------|--------|
| | Industrial | Artesanal | Total |
| I | 43293 | 63148 | 106441 |
| II | 46901 | 80474 | 127375 |
| III | 22892 | 69242 | 92134 |
| IV | 94585 | 119662 | 214247 |
| V | 10726 | 21715 | 32441 |
| Total | 218397 | 354241 | 572638 |



Se observa una mayor disponibilidad de áreas para proyectos artesanales. Por su parte, la Zona IV, caracterizada por una mayor presencia de aguas subtropicales (ASTS) y flanco sur del Frente Ecuatorial, presenta un área total mayor, con respecto a las otras zonas.

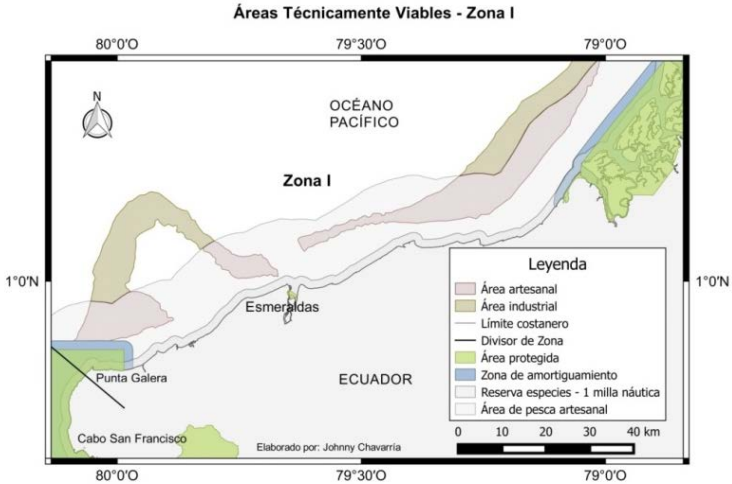


Figura 3. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona I.

Como se puede apreciar, en la Zona I, las áreas para maricultura artesanal presentan más ventajas por su relativa cercanía a la costa y a la ciudad de Esmeraldas. Las áreas disponibles para proyectos industriales se muestran muy alejados de la costa o distantes del puerto de Esmeraldas. La presencia casi permanente de aguas tropicales, la hace muy apropiada para cultivos de peces de aguas cálidas como el pargo (*Lutjanus guttatus*). La actividad petrolera en la zona ha ocasionado varios casos de contaminación marina por derrames de petróleo en el área al noreste del terminal petrolero de Esmeraldas, lo que supone un factor de riesgo para proyectos de maricultura.



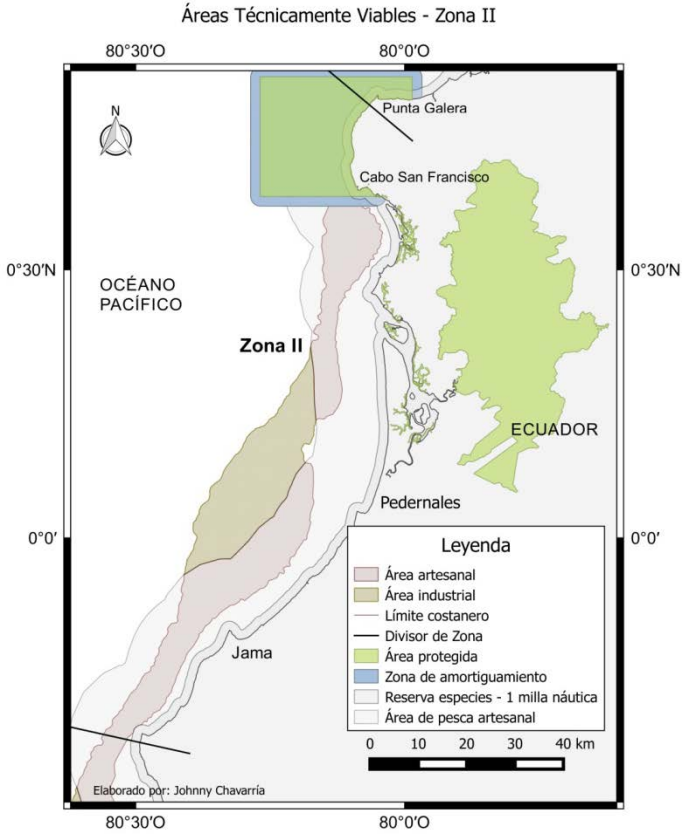


Figura 4. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona II.

La Zona II se encuentra frente a poblados con escasa densidad de habitantes, y puertos de importancia. Los proyectos artesanales estarían bastante cercanos a las caletas pesqueras. La superficie disponible para proyectos industriales, de menor proporción, se encuentra relativamente accesible a la costa. Las condiciones oceanográficas son favorables para la instalación de jaulas y biológicamente para el cultivo de *L. guttatus*, principalmente.



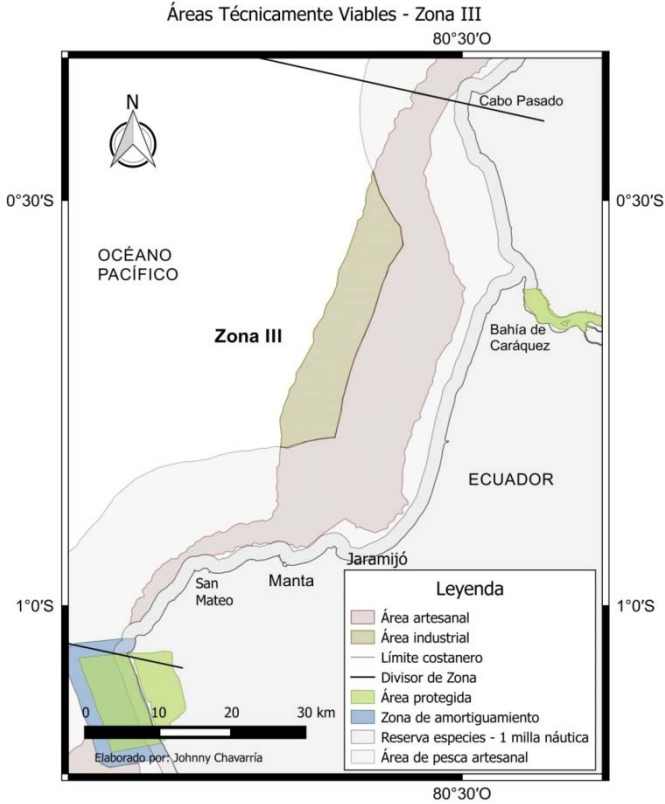


Figura 5. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona III.

La Zona III presenta cercanía a centros poblados de importancia, particularmente las ciudades de Bahía de Caráquez y Manta, esta última con un aeropuerto internacional, particularmente orientado a la exportación de pescado. Además se constituye en un área privilegiada pues cuenta con un puerto internacional, el puerto pesquero artesanal de San Mateo, con proyectos de otro puerto pesquero y 3 facilidades pesqueras en caletas de pesca artesanal, vías de acceso, etc. Las condiciones ambientales son buenas y las oceanográficas favorables, particularmente al Este de la ciudad de Manta. La concentración de isóbatas en el sector entre Cabo San Lorenzo (divisor de Zona) y Manta pudiera indicar un ambiente dinámico, con oleaje más intenso. La zona es apropiada para el cultivo tanto de pargo como de huayaipe (*Seriola rivoliana*).



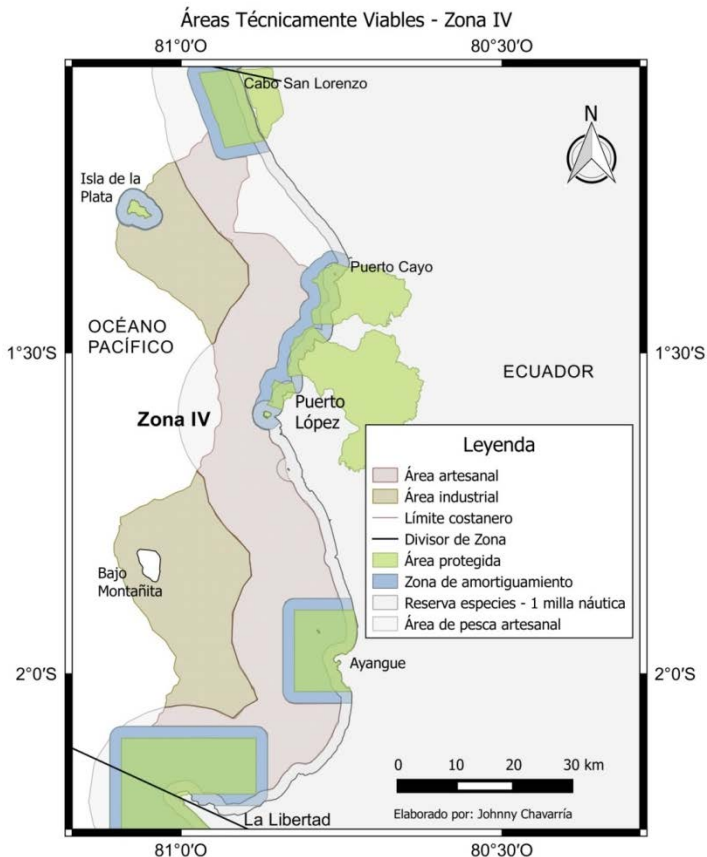


Figura 6. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona IV.

La Zona IV, que comprende la Bahía de Santa Elena, contiene las áreas disponibles más extensas tanto para el sector artesanal como industrial y concentra la mayor cantidad de áreas marinas protegidas, incluyendo la Isla de la Plata. La calidad ambiental en el área es buena, constituyendo el sector más utilizado para el turismo de observación de ballenas. La zona sur de la bahía, en la Puntilla de Santa Elena, presenta el mayor desarrollo urbanístico de la Zona, concentrando también una fuerte actividad petrolera en el terminal petrolero de La Libertad. Desde un enfoque de ingeniería, las condiciones oceanográficas son apropiadas para los proyectos de maricultura. Biológicamente, las aguas subtropicales y del flanco sur del Frente ecuatorial, que predominan en el sector, son más apropiadas para el cultivo de *S. rivoliana*.



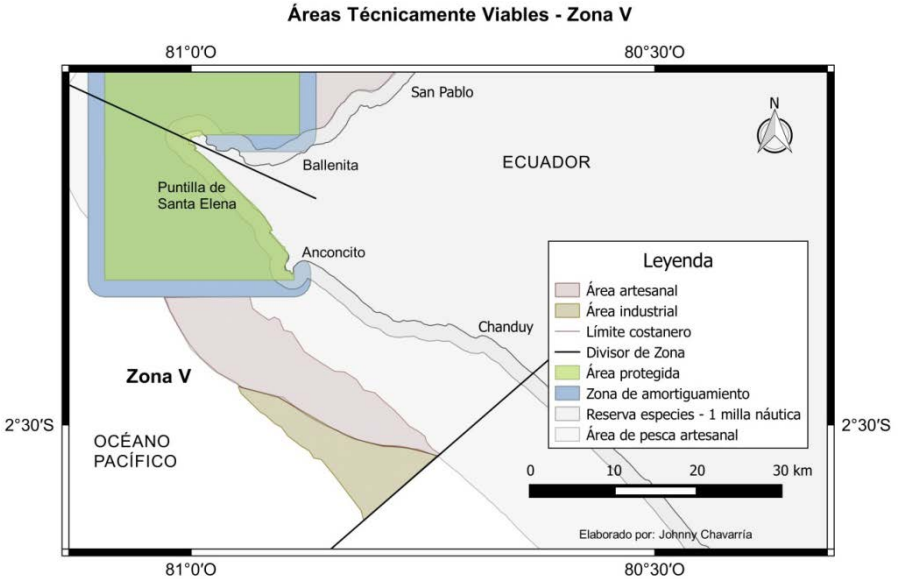


Figura 5. Áreas técnicamente viables para proyectos de maricultura en la Zona V

La Zona V se ubica al sur de la Puntilla de Santa Elena, en el sector noroeste del Golfo de Guayaquil. Constituyendo una zona directamente expuesta al oleaje predominante del suroeste y a las masas de agua provenientes del sur, transportadas por la Corriente de Humboldt o corriente costera del Perú. Las corrientes en esta región se dirigen al sureste, observándose en consecuencia una mayor incidencia de aguas oceánicas que del estuario. Las aguas predominantes son aguas subtropicales relativamente frías, por lo que presentan mejores condiciones para el cultivo de *S. rivoliana*.

Conclusiones

La macro-zonificación realizada en base a la información normativa y a los resultados de la Línea Base Ambiental permitió determinar las áreas técnicamente viables para maricultura oceánica de peces, para los sectores artesanal e industrial en el Ecuador.

El estudio de evaluación de las condiciones ambientales del mar ecuatoriano para la adaptabilidad del pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaipe (*Seriola rivoliana*) con fines de maricultura oceánica asignó una valoración a estas áreas de acuerdo a su aptitud para el cultivo de tales especies.

Los índices combinados de adaptabilidad, oceanográficos y de calidad ambiental generarán una escala final de valoración de las áreas definidas en el estudio, determinado los mejores sectores para el cultivo desde un punto de vista técnico.



Las áreas obtenidas constituyen la base geográfica para un estudio socio-ambiental que definirá una microzonificación de áreas para el desarrollo de una maricultura de *L. guttatus* y *S. rivoliiana* sostenible.

Referencias

- Benetti, D., Rivera, J., Velarde, E., Velasco, M. 2010. Consultoría para la elaboración de estudios básicos y de factibilidad para la implementación de proyectos de maricultura en 10 áreas del mar costero ecuatoriano para la diversificación productiva del sector pesquero artesanal. Stratega BDS. Subsecretaría de Recursos Pesqueros. Manta.
- Chavarría, J. 2014. Estudio de Línea Base Ambiental para la Maricultura Oceánica de Pargo (*Lutjanus guttatus*) y Huayaípe (*Seriola rivoliiana*) en Ecuador. Capítulo II de Tesis de Grado de Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales (manuscrito no publicado). EPG- UNALM. Lima, Perú.
- Chavarría J., Tomalá D. y J. Mendo. 2015. Evaluación de las condiciones ambientales del mar ecuatoriano para la adaptabilidad del pargo (*Lutjanus guttatus*) y huayaípe (*Seriola rivoliiana*) con fines de maricultura oceánica. Universidad Nacional Agraria La Molina – Universidad Estatal Península de Santa Elena. Manuscrito aprobado para su publicación en Acta Oceanográfica del Pacífico Vol 20 No.1.
- Hurtado, M., M.A. Hurtado-Domínguez, L.M. Hurtado-Domínguez, L. Soto., M.A. Merizalde. 2010. Áreas Costeras y Marinas Protegidas del Ecuador. Ministerio del Ambiente – Fundación Natura.
- Silva C., Olivari R. y G. Yany. 1999. Determinación de distritos de aptitud acuícola mediante la aplicación de sistemas de información geográfica. Invest. Mar, Valparaíso, 27: 93-99.
- SNI, 2014: <http://sni.gob.ec/web/guest/coberturas>
- SNI-MAE, 2014: Sistema Nacional de Información capa *.shp PANE 2013
- Macías, J., Del Castillo, F. y C. Álamo. 2001. Zonas idóneas para el desarrollo de la acuicultura en el litoral Andaluz. Presentación powerpoint.
- MAGAP-SRP, 2007. Acuerdo Ministerial No.134 - Zona de reserva para la producción de especies
- Bioacuáticas. Reforma al Acuerdo Ministerial N° 03 316 publicado en el Registro Oficial N°- 125 del 15 de julio del 2003. MAGAP – Subsecretaría de Recursos Pesqueros.
- MAGAP, 2012. Acuerdo Ministerial No. 458 - Instructivo para el ordenamiento y control de concesiones para las actividades de maricultura en el Ecuador. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.
- VAP. 2012. Acuerdo Ministerial No. 056 - Instructivo para la ejecución de proyectos de investigación de maricultura. MAGAP – Viceministerio de Acuicultura y Pesca.
- Villegas T., R. Navarrete, L. Arriaga y S. Coello. 2005. Evaluación de factibilidad de una red de áreas coseras y marinas protegidas en Ecuador. Informe de Consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio del Ambiente: 143 pp.



Avances y perspectivas en el cultivo de equinodermos en Ecuador

Jorge I. Sonnenholzner

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas CENAIM, Guayaquil, Ecuador

E-mail: *sonnenhol@espol.edu.ec*

A nivel mundial hay datos de biomasa con tendencias que sugieren fuerte disminución en las capturas de ciertos recursos marinos por mala gestión de estas pesquerías, unido a una legislación inadecuada que regule a tiempo su explotación comercial y a la variabilidad ambiental (Branch *et al.* 2011, Christensen *et al.* 2015). Esto ha producido inestabilidad en la cadena de comercialización de éstos y consecuentemente deterioro en las condiciones socioeconómicas de este importante sector productivo. Este es el caso para las pesquerías de pepino de mar (Bêche-de-mer) (Purcell *et al.* 2013) y erizo de mar (Jackson *et al.* 2001, Andrew *et al.* 2002).

Pese a que las pesquerías de pepino y erizos de mar son una de las más dinámicas y lucrativas del mundo, muestran evidencias de claro agotamiento (Andrew *et al.* 2002, Anderson *et al.* 2011). Por ejemplo, para la pesquería de pepino de mar se han llegado a involucrar más de 3 millones de pescadores artesanales de 70 naciones responsables de la extracción de más de 60 mil toneladas/año con una ganancia aproximada de USD\$130 millones (dólares americanos) por la captura de 66 especies (Toral-Granda *et al.* 2008).

A la par, el tráfico y comercio internacional de especies acuáticas enmarcadas en pesquerías que siguen el Modelo ‘Auge Caida’ (en particular, la de los pepinos y erizos de mar) hace de estas especies extremadamente vulnerables a la sobreexplotación y genera una alta demanda en el mercado, lo cual conduce a incrementar la cantidad y el ritmo de extracción del recurso y provoca que los *stocks* disminuyan de manera importante, hasta su desaparición (Fig. 1). Esto es debido a las características particulares de la historia de vida de cada especie: bajo o poco frecuente reclutamiento de juveniles a las poblaciones, lento o rápido crecimiento, longevidad y éxito reproductivo denso-dependiente.



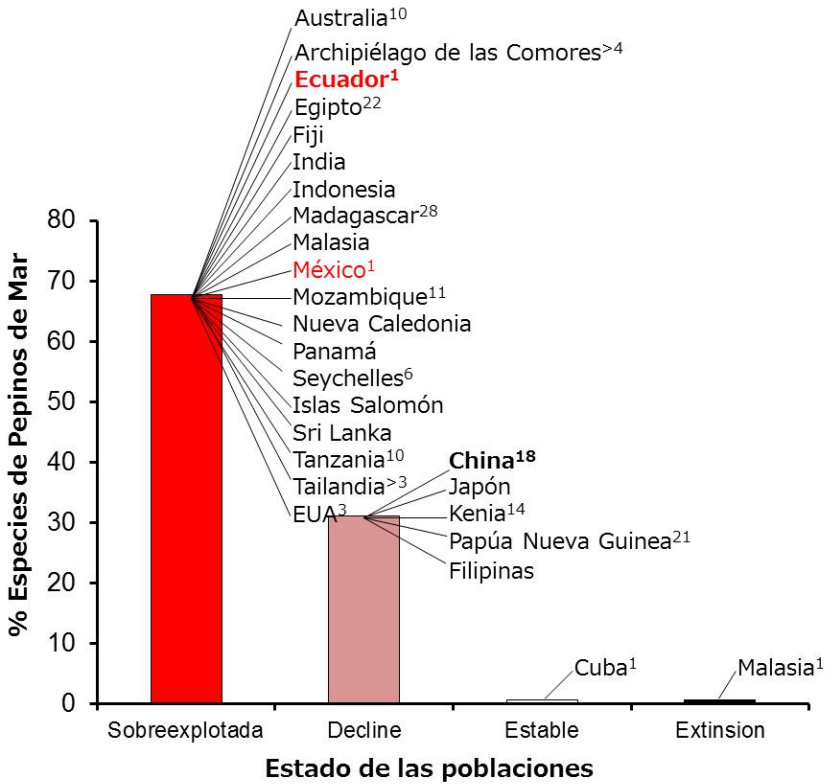


Figura 1. Esquema del modelo pesquero de ‘Auge Caída’ de pepinos de mar en el mundo. Donde sobreexplotada es cuando el punto de la tasa de captura es mayor que la de regeneración de la especie. Decline es la disminución de los niveles de pesquería por efecto de la disminución de la tasa natural de reproducción. Los superíndices indican el número de especies capturadas por país. En conformidad con datos establecidos a nivel mundial, poblaciones con densidades por debajo de 30 individuos por hectárea son consideradas en estado crítico (Purcell *et al.* 2009).

En Ecuador esto sucede con la pesquería del pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Fig. 2a). La pesquería se inició en 1988 con la llegada de empresarios asiáticos que establecieron sus bases en la costa continental. Luego, sus operaciones se trasladaron y quedaron en las Islas Galápagos desde 1991, hasta la fecha. Sin embargo, la pesquería clandestina en la costa continental continúa, y la mayor presión sobre el recurso está centrada ahora en Galápagos. En un intento de controlar la sobrepesca de esta especie se la incluyó en el Apéndice III de CITES en 2003. La pesca de esta especie actualmente está prohibida en Costa Rica, Ecuador (continental) y Panamá. En tanto, el pepino de mar *Holothuria theeli* (Fig. 2b) es otra especie con interés pesquero por tener características similares a



las de *I. fuscus*. Ambas especies son de interés para la acuicultura y repoblación (Fig. 2c). Existe una pesquería formalmente establecida sobre *H. theeli* en Perú, pero no-registrada en la costa continental del Ecuador y Galápagos (Toral-Granda *et al.* 2008), pero que da soporte a la pesquería primaria en declive de *I. fuscus*. Por otro lado, en el país no existe una pesquería formalmente establecida sobre erizos de mar. Sin embargo, hay extracción continua para consumo local (principalmente en la provincia de Manabí). Debido a la rápida disminución de las poblaciones del pepino de mar *I. fuscus* y de otros recursos marinos bentónicos (p.e., langostas) los pescadores de Galápagos solicitaron a las autoridades del Parque Nacional de Galápagos en 1998 estudiar la posibilidad de abrir una nueva pesquería en Galápagos, la del erizo de mar *Tripneustes depressus* (Fig. 2d). No hay avances sobre ese tema, hasta la fecha.

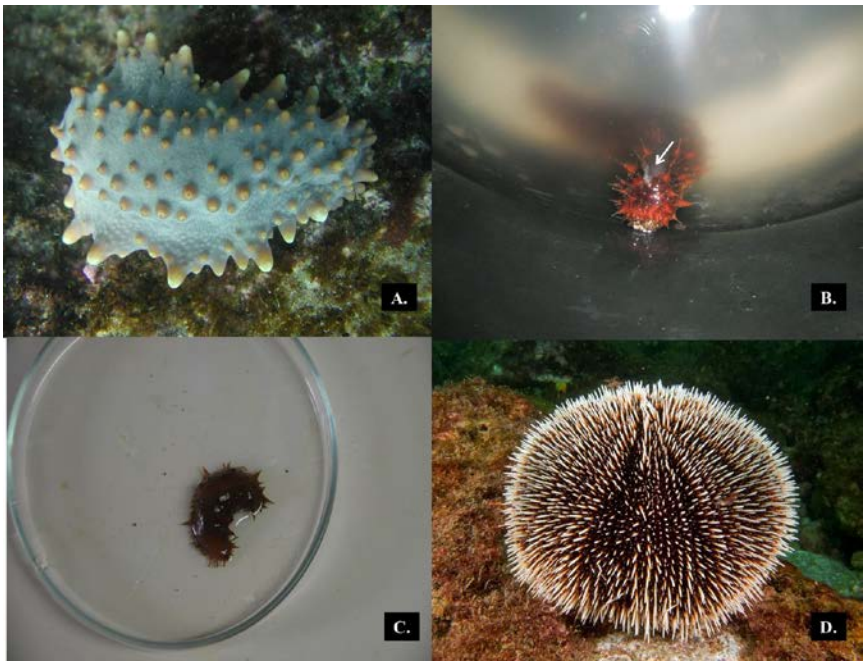


Figura 2. Investigación de equinodermos con interés comercial en el Cenaim – Espol. A) Vista dorso lateral del pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig 1875) sobre sustrato rocoso a 10 m de profundidad. (B) Vista frontal del pepino de mar *Holothuria theeli* (Deichmann 1938) individuo adulto macho en postura de desove en laboratorio experimental. Flecha señala región del gonoporo y liberación de espermatozoides. (C) Vista dorsal de juvenil del pepino de mar *H. theeli* de 5 meses de edad, cultivado en cautiverio y en fase de engorde. (D) Vista dorso lateral del erizo de mar *Tripneustes depressus* (Agassiz) sobre sustrato rocoso a 12 m de profundidad.



A partir de un estudio de diagnóstico regional se determinó el estado actual del conocimiento de los equinodermos del Ecuador (Fig. 3). Existen varias especies de equinodermos presentes en los ecosistemas marinos del Ecuador susceptibles de comercialización y potenciales para su cultivo en cautiverio. Sin embargo, nada o muy poco conocimiento hay sobre la biología y ecología de estas especies (Sonnenholzner *et al.* 2013) (Fig. 3).



Figura 3. Registro de información reciente sobre el estado actual del conocimiento e información de equinodermos del Ecuador.

Por razones de abundancia, introducción y aceptación en el mercado calificarían dos familias de pepinos de mar, Holothuriidae con tres especies: *Holothuria theeli*, *H. atra*, *H. kefersteini* y la familia Stichopodidae con otras dos especies: *Isostichopus fuscus* y *Stichopus horrens*. Entre los erizos de mar, se tiene cinco especies: *Tripneustes depressus*, *Toxopneustes roseus*, *Diadema mexicanum*, *Echinometra vanbrunti* y *Arbacia incisa*.

En el marco de las iniciativas a nivel internacional de investigación para armar estrategias de conservación y atender la gestión de las pesquerías de equinodermos en el país, el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL) desarrolla dos proyectos estratégicos de investigación en el marco de los



programas: “Maricultura y piscicultura para el fomento acuícola en el Ecuador 2013 – 2015” de la Subsecretaría de Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (SA-MAGAP) y “Desarrollo de protocolos de domesticación para el uso sostenible de nuevas especies marinas para consumo de alimentos y repoblación de bancos naturales 2015 – 2017” de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (SENESCYT).

Ambos programas buscan desarrollar, profundizar y proveer herramientas técnicas aplicadas para la diversificación de la matriz productiva para la producción de alimento mediante la acuicultura de especies marinas con interés pesquero, acompañado con la recuperación de los bancos naturales para su conservación. Estos dos programas son una referencia importante para la región en temas de conservación de los pepinos de mar *Isostichopus fuscus* y *Holothuria theeli* y del erizo de mar *Tripneustes depressus* del Ecuador.

Referencias

- Anderson, S.C., Flemming, J.M., Watson, R., Lotze, H.K. 2011. Serial exploitation of global sea cucumber fisheries. *Fish and Fisheries*, 12: 317–339.
- Andrew, N.L., Agatsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin A.G., Creaser, E.P., Barnes, D.K.A., Botsford, L.W., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, J.D., Einarsson, S., Gerring, P.K., Herbert, K., Hunter, M., Hur, S.B., Johnson, C.R., Juinio-Meñez, M.A., Kalvass, P., Miller, R.J., Moreno, C.A., Palleiro, J.S., Rivas, D., Robinson, S.M.L., Schroeter, S.C., Steneck, R.S., Vadas, R.L., Woodby, D.A., Xiaoqi, Z. 2002. Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanography and Marine Biology*, 40:343–425.
- Branch, T.A., Jensen, O.P., Ricard, D., Ye, Y., Hilborn, R. 2011. Contrasting global trends in marine fishery status obtained from catches and from stock assessments. *Conservation Biology*, 25: 777–786.
- Christensen, V., Coll, M., Buszowski, J., Cheung, W.W.L., Frölicher, T., Steenbeek, J., Stock, C.A., Watson, R.A., Walters, C.J. 2015. The global ocean is an ecosystem: simulating marine life and fisheries. *Global Ecology and Biogeography*, 24:507–517.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B. Lenihan, H.S., Pandol, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J., Warner, R.R. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293:629–638.
- Purcell, S.W., Gossuin, H., Agudo, N.N. 2009. Status and management of the sea cucumber fishery of la Grande Terre, New Caledonia. Programme ZoNéCo. WorldFish Center Studies and Reviews No. 1901. The WorldFish Center, Penang, Malaysia. 138 p.



- Purcell, S.W., Mercier, A., Conand, C., Hamel, J-F, Toral-Granda, M.V., Lovatelli, A., Uticke, S. 2013. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries* 14:34–59.
- Sonnenholzner, J., Brandt, M., Francisco, V., Hearn, A., Luzuriaga, M., Guarderas, P., Navarro, J.C. (2013). Chapter 6: Echinoderms of Ecuador. J.J. Alvarado, F.A. Solís-Marín (eds.), *Echinoderm Research and Diversity in Latin America*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Toral-Granda, V., Lovatelli, A., Vasconcellos, M. (eds.) 2008. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 516. Rome, FAO. 317 p.



Cultivo de peces marinos en el Ecuador

Wilfrido Argüello-Guevara

Universidad Católica del Norte, Larrondo 1281, Coquimbo, Chile

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e

Investigaciones Marinas, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box

09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

E-mail: warguell@espol.edu.ec

Introducción

La organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) junto con el Departamento de Agricultura y Servicios Ambientales del Banco Mundial, recientemente emitieron un informe donde se estima que la población mundial alcanzará los 9 mil millones de habitantes para el año 2050 y aún no se conocen los mecanismos de cómo se alimentará la población o si los productos provenientes de la agricultura y ganadería serán suficientes en términos de producción y costo-efectivos. Sin embargo, la acuicultura podría ser la opción más acertada para suplir las necesidades de alimentación de dicha población que va en aumento (Banco Mundial, 2013). Por otro lado, los productos del mar provenientes de la captura han sufrido un estancamiento en cuanto a su tonelaje desde hace varios años, sin mencionar los problemas de escasez de los recursos por la sobre-explotación y por causa del calentamiento global que van reduciendo los recursos naturales del mar. En este contexto, la acuicultura ha venido creciendo considerablemente a nivel mundial. En Ecuador, la producción por acuicultura y captura alcanzaron, en el 2011, niveles de producción de 308900 ton y 508454 ton, respectivamente. La acuicultura en el 2011 generó un rendimiento de 1,4 mil millones de dólares al país (FAO, 2013). Sin embargo, la producción por acuicultura en nuestro país se debe principalmente al camarón blanco *Litopenaeus vannamei*, que corresponde un 82% de la producción total (FAO, 2013). Por lo tanto, la necesidad de diversificar la acuicultura se hace inminente, debido a los riesgos de enfermedades que pueden presentarse y que pueden acabar con importantes ingresos económicos por poseer un único recurso que sostiene la industria, como lo ocurrido años anteriores con el virus de la mancha blanca (WSV) que afectó la producción de camarón en Ecuador. Otros países de la región ya han considerado la importancia de la diversificación de la acuicultura, tal es el caso de Chile, país principalmente salmonicultor (Orellana *et al.*, 2014), que ha implementado el



Programa para la Diversificación de la Acuicultura Chilena (PDACH) apoyado por el gobierno central y que asigna presupuesto para la investigación en el cultivo de palometa, *Seriola lalandi* (en el norte de Chile) y *Cilus gilberti* (corvina), *Merluccius australis* (merluza austral) y *Dissostichus eleginoides* (bacalao de profundidad) para la zona Sur de Chile (Silva, 2011; Orellana *et al.*, 2014).

Cultivo de peces marinos en el Ecuador

Para el Ecuador, varias especies de peces marinos se presentan como candidatas para la acuicultura marina, por su excelente carne, precio a nivel comercial, crecimiento y adaptabilidad en el cautiverio.

Huayaibe (*Seriola rivoliana*), las especies del género *Seriola*, a nivel mundial, representan una importante industria (Shiraishi *et al.*, 2010; Woolley *et al.*, 2012a; Matsunari *et al.*, 2013) por el apreciado sabor y alto contenido de omega-3 de su carne, que es comercializada cruda, como filete fresco y marinado (Iguchi *et al.*, 2012) a un precio de 7 a 8 dólares americanos (USD) por kilogramo (Silva, 2011). En el mercado Japonés las especies *Seriola* spp., son un importante producto muy valorado para sashimi, después del atún (Whatmore *et al.*, 2012), siendo la especie *S. quinqueradiata* la que domina el mercado con 155247 toneladas que generaron 1,3 mil millones de dólares americanos en el 2009 (FAO, 2012). El cultivo de *S. rivoliana* debido a su rápido crecimiento, adaptabilidad al cautiverio y el alto valor en el mercado, está siendo considerado para el desarrollo de la maricultura en Europa (Roo *et al.*, 2014). Mientras que en Japón, Australia y EE.UU., la industria aún se mantiene con la colección de juveniles del medio silvestre para el engorde en jaulas y tanques (Nakada, 2002; Miki *et al.*, 2011). Existe poca información previa del cultivo de *S. rivoliana* en cautiverio, siendo Ecuador uno de los primeros países en reportar la importancia del cultivo de esta especie (Benetti, 1997) y la producción de juveniles en cautiverio (<1% supervivencia). Además, CENAIM desde el 2002 ha venido desarrollando líneas de investigación en este tópico y hasta este momento, se ha logrado el establecimiento de protocolos de manejo de reproductores (Fig. 1) que han permitido la maduración y la obtención de desoves espontáneos viables. Así mismo, se han llevado a cabo experiencias en la larvicultura de esta especie, obteniéndose varias cohortes, con supervivencias hasta de 2,4% (Blacio *et al.*, 2003; Argüello-Guevara *et al.*, 2009). Los primeros resultados alcanzados en España (Roo *et al.*, 2014) muestran una supervivencia de 2,5% a 30 días post-eclosión (DPE) cuando se evaluaron sistemas semi-intensivos para la producción de juveniles. Sin embargo, la actual tecnología para la producción estable de juveniles de huayaibe es incompleta. El principal problema del mantenimiento de la acuicultura del huayaibe u otros peces del género *Seriola* parece estar relacionado con la producción continua de juveniles y el mejoramiento de la supervivencia en esta etapa que se ve afectada por las condiciones abióticas del cultivo, enfermedades, canibalismo, escaso conocimiento de los requerimientos



nutricionales, entre otros (Miki *et al.*, 2011; Woolley *et al.*, 2012a,b; Matsunari *et al.*, 2013; Hilder *et al.*, 2014; Roo *et al.*, 2014).

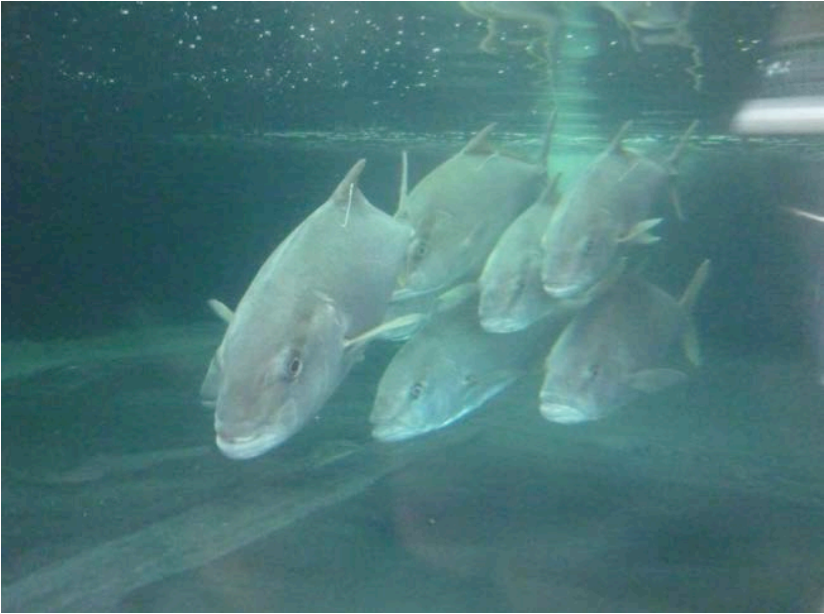


Figura 1. Reproductores de *Seriola rivoliana* en CENAIM

Lenguado (*Paralichthys woolmani*), de la familia de los peces planos, es otro importante producto para la diversificación de la acuicultura en Ecuador desde que fue identificado como potencial para la acuicultura por Benetti, (1997) al igual que *P. adspersus* en Perú y Chile, debido a la excelente calidad de su carne, la reducción de la población natural y el incremento de la demanda local (Carrera *et al.*, 2013). A nivel mundial, los peces planos producidos en acuicultura alcanzaron 168.479 ton, generando 1,1 mil millones de dólares americanos en el 2009 (FAO, 2012). Siendo las especies de mayor producción *Psetta máxima* (turbot) con 69006 ton en países como China, España, Portugal, y *P. olivaceus* (hálbit japonés u oliva) con 59328 ton en países como Japón y República de Corea. El único país latinoamericano productor de peces planos a menor escala es Chile con 319 ton, a pesar de que en Ecuador y Argentina se han reportado intentos de producción de peces planos en cautiverio (Benetti, 1997; López *et al.*, 2009). En Ecuador, los peces planos (Fig. 2) no se producen por acuicultura y no existen datos disponibles de su captura. El hálbit *P. olivaceus*, es apetecido por su carne utilizada como sashimi en la comida oriental (Pham *et al.*, 2014). En *P. californicus*, se han reportado bajas supervivencias en el cultivo larval, especialmente durante la deshabitación del alimento vivo (Zacaría-Soto *et al.*, 2013). A pesar de su lento crecimiento, esta especie es atractiva para el



desarrollo de la acuicultura marina artesanal. Dado al escaso conocimiento existente sobre el cultivo de esta especie, es necesario la implementación de condiciones tecnológicas que permitan reproducir los avances en otras especies de peces planos (López *et al.*, 2009).



Figura 2. Ejemplar de *Paralichthys woolmani*. CENAIM

Pargo, (*Lutjanus spp.*), se encuentra presente en aguas costeras de todo el país y tiene varias especies representantes *L. guttatus* (pargo de altura o lunarejo), *L. argentiventris* (pargo blanco o dentón), *L. novemfasciatus* (pargo negro), *L. aratus*, *L. jordani* y *L. peruvianus* (pargo peruano). Especie con madurez gonadal temprana y periodos reproductivos largos, de alta fecundidad, lo que puede considerarse ventajoso al momento de su producción en cautiverio. Es un pez de carne blanca muy atractivo por su coloración rojo intenso, buen sabor y altos precios en el mercado. Con una producción mundial por acuicultura de 8,614 ton, aunque la producción de juveniles aún depende de la captura. Sin embargo, en China y Australia se han reportado desoves exitosos (300,000 a 400,000 huevos por desove) y fertilidad mayor a 70% (Emata *et al.*, 2003). En América, Colombia ha logrado desoves exitosos mediante la inducción hormonal produciendo hasta 100,000 huevos viables por hembra (Sierra, 2007) y una supervivencia al final de la larvicultura de 1 a 1.8%. Sin embargo, se ha identificado que la alimentación durante la deshabitación al alimento vivo es uno de los principales inconvenientes para lograr la producción sostenida, precisamente por el escaso conocimiento de los requerimientos nutricionales y de experiencias previas.



Robalo, (*Centropomus nigrescens*), es un animal de carne blanca y muy requerida en el mercado local. Se lo captura en zonas de playa y estuarios, principalmente en las provincias de Santa Elena, Guayas y Los Ríos. Distribuido tanto en el Pacífico como en el Atlántico desde EE.UU. hasta Brasil donde es importante para la pesca artesanal y deportiva. Su precio varía entre 4 y 8 USD el kilo, según la época. Son un excelente potencial para la acuicultura a causa de su adaptabilidad a cautiverio y aceptabilidad de dietas artificiales. En Brasil, la tecnología de producción de *C. parallelus* está disponible a nivel experimental (Ronzi & Macedo, 2001) donde se han obtenido supervivencias del 90% después de la deshabitación a diferentes salinidades (Tsuzuki *et al.*, 2007). Su principal inconveniente es la reproducción en cautiverio y la larvicultura en los primeros 10 días post-eclosión (DPE). En CENAIM se han realizados escasos desoves (en la época de los 90) mediante la inducción hormonal, desoves con menos del 10% de viabilidad (datos no publicados). Existen muy pocos estudios sobre el crecimiento de esta especie y no hay datos de su producción comercial.



Figura 3. Especie de *Centropomus nigrescens*

Lisa (*Mugil cephalus*), son peces marinos que pueden habitar estuarios y algunas especies son adaptables inclusive a agua dulce. Su cultivo ha sido exitoso en China, Japón, Indonesia, República de Corea, Israel e Italia. Con una producción por acuicultura de 170,000 ton en 2011 (FAO, 2013) principalmente de la colección del medio silvestre. Pueden llegar a medir alrededor de 60 cm de longitud total. En Ecuador, tienen una excelente aceptación para consumo especialmente en la ruta del Spondylus y su carne se comercializa entre los 3 y 4 USD el kilo. En nuestro país no existen reportes previos de producción en cautiverio. Se ha logrado inducir al desove y producción de alevines en las primeras etapas en EE.UU., Taiwan, Italia, Israel y Egipto, pero a escala comercial no existen reportes.

Mero (*Epinephelus spp.*), con varias especies para Ecuador. Son peces que tienen una alta demanda en Japón, Singapore, Hong Kong, EE.UU. En el 2011, alcanzó una producción mundial por acuicultura de 93,562 ton (FAO, 2013), su cultivo es llevado mayormente en jaulas en mar abierto y problemas asociados



con la escasa producción de juveniles en cautiverio y la falta de técnicas en colección, manipulación, transporte y almacenamiento de los juveniles silvestres han sido reportados como principales causas de mortalidad para su desarrollo a escala comercial. Los estudios en crecimiento se han basado principalmente en determinar los requerimientos nutricionales para mejorar las tasas de crecimiento y utilización del alimento (Lin & Shiau, 2005; Zhou *et al.*, 2012) y se han reportado tasas de crecimiento específico de 1.1 a 1.3 % de incremento por día. Son peces que pueden llegar a tallas entre 60 y 120 cm según la especie y el gigante del grupo, el *E. laceolatus* que puede alcanzar tallas de 2,7 m y más de 400 kg, esta especie no está reportada en Ecuador.

Referencias

- Argüello-Guevara, W., C. Campoverde & S. Rodríguez. 2009. Larvicultura de huayaibe *Seriola rivoliana* en CENAIM (Ecuador). Libro de Resúmenes XI Congreso Ecuatoriano de Acuicultura. 45 – 46.
- Banco Mundial. 2013. Fish to 2030. Prospects for Fisheries and Aquaculture. World Bank Report Number 83177-GLB. World Bank. U.S.A. 102 pp.
- Benetti, D. D. 1997. Spawning and larval husbandry of flounder (*Paralichthys woolmani*) and Pacific yellowtail (*Seriola mazatlanica*), new candidate species for aquaculture. *Aquaculture* 155: 307 – 318.
- Blacio, E., J. Darquea & S. Rodríguez. 2003. Avances en el cultivo de Huayaibe, *Seriola rivoliana*, en las instalaciones del CENAIM. *El Mundo Acuícola* 9: 21 – 24.
- Carrera, L., N. Cota, M. Montes, E. Mateo, V. Sierralta, T. Castro, A. Perea, C. Santos, C. Catcoparco & C. Espinoza. 2013. Broodstock management of the fine flounder *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) using a recirculating aquaculture systems. *Latin American Journal of Aquatic Research* 41 (1): 89 – 98.
- Emata, A. C., Ogata, H. Y., Garibay, E. S. & Furuita, H. 2003. Advanced broodstock diets for the mangrove red snapper and a potential importance of arachidonic acid in eggs and fry. *Fish Physiology and Biochemistry* 28: 489 – 491.
- FAO. 2012. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Yearbook Fisheries and Aquaculture Statistics. FAO, Roma, Italia. 231 pp.
- FAO. 2013. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Yearbook Fisheries and Aquaculture Statistics. FAO, Roma, Italia. 242 pp.
- Hilder, P., J. M. Cobcroft & S. C. Battaglione. 2014. The first-feeding response of larval southern bluefin tuna, *Thunnus maccoyii* (Castelnau, 1872), and yellowtail kingfish, *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833), top prey density, prey size and larval density. *Aquaculture Research*. doi: 10.1111/are.12429.
- Iguchi, J., Y. Takashima, A. Namikoshi & M. Yamashita. 2012. Species identification method for marine products of *Seriola* and related species. *Food Science and Technology* 78: 197 – 206.
- Lin, Y. H. & Shiau, S. Y. 2005. Dietary vitamin E requirement of grouper *Epinephelus malabaricus*, at two lipid levels, and their effects on immune responses. *Aquaculture* 248: 235 – 244.
- López, A. V., M. I. Müller, M. Radonic, G. A. Bambill, J. J. Boccanfuso & F. A. Bianca. 2009. Larval culture technique and quality control in juveniles of flounder



- Paralichthys orbignyanus* (Valenciennes, 1839) in Argentina. Spanish Journal of Agricultural Research 7 (1): 75 – 82.
- Matsunari, H., H. Hashimoto, K. Oda, Y. Masuda, H. Imaizumi, K. Teruya, H. Furuita, T. Yamamoto, K. Hamada & K. Mushiake. 2013. Effects of docosahexaenoic acid on growth, survival and swim bladder inflation of larval amberjack (*Seriola dumerili*, Risso). Aquaculture Research 44: 1696 – 1705.
- Miki, T., H. Nakatsukasa, N. Takahashi, O. Murata & Y. Ishibashi. 2011. Aggressive behaviour and cannibalism in greater amberjack, *Seriola dumerili*: effects of stocking density, feeding conditions and size differences. Aquaculture Research 42: 1339 – 1349.
- Nakada, M. 2002. Yellowtail culture development and solutions for the future. Reviews in Fisheries Science 10: 559 – 575.
- Orellana, J., U. Waller & B. Wecker. 2014. Culture of yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) in a marine recirculating aquaculture system (RAS) with artificial seawater. Aquaculture Engineering 58: 20 – 28.
- Pham, M. A., H. G. Byun, K. D. Kim & S. M. Lee. 2014. Effects of dietary carotenoid source and level on growth, skin pigmentation, antioxidant activity and chemical composition of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.04.019.
- Ronzani Cerqueira, V. & Macedo Brügger, A. 2001. Effect of light intensity on initial survival of fat snook (*Centropomus parallelus*, Pisces: Centropomidae) larvae. Brazilian Archives of Biology and Technology 44 (4): 343 – 349.
- Roo, J., H. Fernández-Palacios, C. M. Hernández-Cruz, A. Mesa-Rodríguez, D. Schuchardt & M. Izquierdo. 2014. First results of spawning and larval rearing of longfin yellowtail *Seriola rivoliana* as a fast-growing candidate for European marine finfish aquaculture diversification. Aquaculture Research 45: 689 – 700.
- Shiraishi, T., S. Ohshimo & R. Yukami. 2010. Age, growth and reproductive characteristics of gold striped amberjack 1 *Seriola lalandi* in the waters off western Kyushu, Japan. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research 44 (2): 117 – 127.
- Sierra De la Rosa, J. F. 2007. Inducción hormonal (HCG) al desove y larvicultura del pargo lunarejo *Lutjanus guttatus* como alternativa de diversificación para la maricultura en el Pacífico Colombiano. Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola 2: 47 – 60.
- Silva, K. 2011. En Chile: Estado de potenciales especies para diversificar la acuicultura. Mundo Acuicola 82: 6 – 8.
- Tsuzuki M. Y., Sugai, J. K., Maciel, J. C., Francisco, C. J. & Cerqueira, V. R. 2007. Survival, growth and digestive enzyme activity of juveniles of the fat snook (*Centropomus parallelus*) reared at different salinities. Aquaculture 271: 319 – 325.
- Whatmore, P., N.H. Nguyen, A. Miller, R. Lamont, D. Powell, T. D'Antignana, E. Bubner, A. Elizur & W. Knibb. 2013. Genetic parameters for economically important traits in yellowtail kingfish *Seriola lalandi*. Aquaculture 400-401: 77 – 84.
- Woolley, L. D., G.J. Partridge & J. G. Qin. 2012a. Mortality reduction in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) larval rearing by optimising *Artemia* feeding regimes. Aquaculture 344-349; 161 – 167.
- Woolley, L. D., D. S. Fielder & J. G. Qin. 2012b. Swimbladder inflation, growth and survival of yellowtail kingfish *Seriola lalandi* (Valenciennes, 1833) larvae under



different temperature, light and oxygen conditions. *Aquaculture Research*, doi: 10.1111/are.12097.

Zacarías-Soto, M., B. Barón-Sevilla & J. P. Lazo. 2013. Ontogeny and distribution of alkaline and acid phosphatases in the digestive system of California halibut larvae (*Paralichthys californicus*). *Fish Physiol. Biochem.* 39 : 1331 – 1339.

Zhou, Q.C., Zeng, W. P., Wang, H. L., Xie, F. J., Wang T. & Zheng, C. Q. 2012. Dietary arginine requirement of juvenile yellow grouper *Epinephelus awoara*. *Aquaculture*. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.03.042



Cultivo de moluscos en el litoral atlántico europeo, ¿Un modelo para Ecuador?

Guerra, A.

Prometeo SENESCYT. CIBPA-INCYT. Universidad Estatal de Santa Elena. Ecuador.

E-mail: aguerradiaz@gmail.com

Resumen

Los vientos juegan un papel importante en la productividad de las aguas y la distribución del fitoplancton, pues orientan corrientes que hacen que el agua profunda, cargada de nutrientes, emerjan a la superficie y originen áreas de elevada productividad. La costa ecuatoriana y una parte importante de la costa atlántica europea son áreas de influencia de afloramientos, en ambos casos, hay episodios de surgencias con agua rica en nutrientes y zonas de elevada productividad. Estos afloramientos crean una situación que favorece la eclosión del fitoplancton, inicio de la cadena trófica y la posibilidad de producción masiva de biomasa de filtradores “comedores” de microalgas: los moluscos bivalvos. Alrededor de estas áreas de elevada productividad natural se desarrollan importantes pesquerías que son explotadas, en gran medida por las comunas de pescadores que se asientan en el litoral. El cultivo de moluscos en estas áreas de surgencia, junto con la pesca artesanal son las actividades que potencian la economía del litoral, desarrollándose gran número de pequeñas empresas que promueven un producto saludable y una actividad socialmente aceptada.

La acuicultura de moluscos en Galicia (España)

El litoral atlántico europeo, en particular la costa francesa y Galicia (España), tienen una configuración geográfica de la costa surcada por entrantes y valles inundados por el mar, el agua se renueva total o parcialmente según el régimen de las mareas, permitiendo en estas zonas el desarrollo de una tradicional e intensa actividad de colecta y cultivo de moluscos.

El litoral atlántico español que comprende la costa de Galicia (N.O. de España), tiene 1659 km, de los cuales 800 Km son de acantilados y 300 Km de playas. El mar invade las desembocaduras de los ríos en la costa formando valles fluviales inundados, que se llaman “Rías”. En las áreas intermareales y submareales adyacentes se ejerce el marisqueo (extracción de moluscos, crustáceos, etc.), en las modalidades de “a pie” y “a flote” este último desde



embarcación. La actividad se ejerce de forma comunal, a través de las Cofradías de pescadores (65 repartidas a lo largo de la costa gallega), que agrupan a los diferentes sectores que ejercen la actividad en el mar (mariscadores, pescadores, armadores, etc.) y están sujetas a la tutela de la Administración pesquera regional. Esta actividad de colecta y cultivo de moluscos en la zona intermareal y submareal genera unos 8000 empleos directos, de los cuales más de la mitad son mujeres que ejercen el marisqueo a pie; actividad que en la actualidad ya se considera como un modelo de acuicultura extensiva. Esta actividad ha contribuido a revitalizar zonas del litoral que estaban en situación de despoblación, impulsando redes de economía social basada en el desarrollo de empleos directos, generados en la propia actividad extractiva y de cultivo e indirectos: industria de transformación, procesamiento, transporte, restauración, etc. El objetivo es lograr que la acuicultura de moluscos, se convierta en el relevo de la pesca, a través del uso inteligente del mar, transformando el marisqueo en una actividad integral de cultivos marinos.

El sector de cultivo de mejillón en Galicia comparte espacios marinos próximos con el marisqueo (Fig. 1). Lo integran 2500 productores y 2000 pequeñas empresas de marcado carácter familiar. La unidad productiva de cultivo es la batea, artefacto flotante para el cultivo suspendido, de la que se obtiene una media de 47t. de mejillón/año. Esta actividad genera unos 8500 empleos fijos. Por ejemplo, la Ría de Arousa, hay establecidas 2328 bateas; con 1785 titulares y 5527 empleos directos, esto promueve un potente efecto inductor en industrias auxiliares, de restauración y atractivo turístico.



Figura 1.- A la izquierda, mariscadoras cosechando moluscos bivalvos, en parcelas de cultivo de la franja intermareal en la marea baja. A la derecha, bateas tradicionales usadas en Galicia para el cultivo del mejillón en suspendido.

La acuicultura de moluscos en la costa atlántica de Francia

Los entrantes geográficos de los estuarios y ensenadas que configuran la costa atlántica francesa no permiten, como en la costa de Galicia la práctica del cultivo suspendido, siendo la zona intermareal la habitual de manejo para acuicultura. El sector de producción más importante es el cultivo de moluscos, actividad en la

que trabajan alrededor de 22.000 personas. Se orienta principalmente a la producción de la ostra japonesa o del pacífico (*Crassostrea gigas*), con alrededor de 110.000 t./año y de mejillón (*Mytilus edulis* y *Mytilus galoprovincialis*) con unas 60.000 t./año. Hay registradas 55.000 concesiones otorgadas a 3.700 empresas, la mayor parte de las cuales son particulares (78 %), también de carácter familiar. Las estructuras de cultivo son muy diferentes según la zona. En general las ostras se cultivan en sacos plásticos “pochones”, sobre mesas metálicas situadas en la zona intermareal (Fig. 2). En la marea baja, los cultivadores acceden a la zona para el manejo y gestión de los cultivos y recogen las ostras con tractores o barcos anfibios con sistemas de trabajo muy mecanizados. El mejillón se cultiva sobre estacas (“bouchots”) clavadas en el sustrato del fondo emergiendo en las mareas vivas. El ciclo de cultivo de ostra abarca un total de tres a cuatro años hasta alcanzar la talla comercial. El sector de la acuicultura en Francia se orienta principalmente al mercado interno (Francia consume la mayor parte de su producción de bivalvos); que promueve un dinámico sector de producción de alta calidad y elaborada restauración que coexiste con el tradicional mercado doméstico.



Figura 2.- A la izquierda parques de cultivo de ostra en sacos ostrícolas, en marea baja. A la derecha, procesado artesanal y selección de las ostras para comercialización.

Perspectivas del cultivo de moluscos en Ecuador

La costa ecuatoriana, situada en zonas de surgencia, se encuentra entre los ecosistemas más productivos. En el Pacífico de sur a norte se desarrolla la corriente de Humboldt o de Chile-Perú, que se desplaza paralelamente a la línea del litoral sudamericano hasta alcanzar la latitud del ecuador terrestre (latitud 0°) y se desplaza en dirección Oeste hacia las islas Galápagos. Esta corriente Humboldt tiene su origen en las aguas frías y ricas en nutrientes de las profundidades antárticas, no pasan hacia el hemisferio norte por el abombamiento de las aguas oceánicas a lo largo del ecuador, debido a la fuerza centrífuga del movimiento de rotación terrestre, y de la corriente de California y efecto de los vientos, dando como resultado una surgencia con agua rica en nutrientes.



Estos afloramientos (también conocidos con los términos ingleses “upwelling” o “bloom”) de las aguas frías y profundas, dan lugar a una situación que favorece la eclosión del fitoplancton, inicio de la cadena trófica. Por ello es notable el hecho de que en la región ecuatorial se puede observar desde el espacio una ancha línea de altas concentraciones de fitoplancton. Situación similar a la indicada anteriormente ocurre en Galicia (España) por efecto de los afloramientos costeros que son la base de la elevada productividad primaria y producción de las citadas rías gallegas.

En la zona de afloramiento ecuatorial, hay poco cambio en la productividad del fitoplancton a lo largo del año, esto la hace potencialmente muy interesante para el cultivo de moluscos.

Ecuador es un país con vocación pesquera y acuícola, pretende impulsar esta actividad y así se contempla en el Plan Nacional del Buen Vivir, de acuerdo con los principios de conservación y sostenibilidad que se apuntan en la Constitución de la República del Ecuador. En tal sentido el Acuerdo Ministerial 458 (MAGAP, 2012) “*Instructivo para el ordenamiento y control de concesiones para las actividades de maricultura en el Ecuador*” regula la actividad acuícola vinculada a la sostenibilidad ambiental. En el Artículo 2 de dicho acuerdo se indica cómo deben desarrollarse las actividades de maricultura en la plataforma continental, en conjunto con otros usos y usuarios del medio marino que comparten esa área: pesca, turismo, tráfico marítimo.....; e imponiendo el uso de las técnicas disponibles para reducir el impacto ambiental.

Dicho Acuerdo Ministerial 458, en el Artículo 9 cita que “*dentro de las primeras 8 millas, solo se autorizarán los proyectos presentados por organizaciones pesqueras artesanales conjuntamente con proyectos piloto con fines de investigación*”. El sector privado empresarial deberá desarrollar la actividad de maricultura fuera de estas 8 millas reservadas para las comunas pesqueras; ello implica el desarrollo de maricultura oceánica, en mar abierto, e implica la existencia de estructuras de cultivo adecuadas, potentes embarcaciones auxiliares, infraestructuras, etc. La normativa actual ecuatoriana determina que la actividad de cultivo de moluscos, deba realizarse en base a la inclusión y participación de estos colectivos y de apoyo a la pequeña empresa, siguiendo una orientación social y de actividad asociativa, como ocurre en países del litoral atlántico europeo con potente y larga tradición en la acuicultura de moluscos.

A partir del año 2012, la Subsecretaría de Acuicultura del MAGAP, en el afán de promover un cambio en la matriz productiva de las comunas artesanales de pescadores, impulsa la maricultura de moluscos, en particular de la ostra del pacífico (*Crassostrea gigas*), en sistemas suspendidos en el mar (*long-line*), en las provincias de Guayas, Manabí y Santa Elena, con resultados alentadores. No obstante, la escasa actividad investigadora productiva en este sector se evidencia en el retraso tecnológico y la falta de proyectos orientados a disponer y aplicar los conocimientos que impulsen los modelos y sistemas de producción de semilla de moluscos y la gestión integral de cultivo. Retrasando, pese a las



favorables condiciones naturales, la incorporación de este país al nivel de los más importantes en la producción de moluscos.

Cultivo de moluscos y medio ambiente

Las características ambientales del mar de Ecuador son propicias para el desarrollo de la maricultura, lo que podría generar importantes beneficios sociales y económicos en los sectores artesanales y constituyen una oportunidad para diversificar actividades de los sectores industriales y artesanales costeros. Los moluscos filtran el agua del medio pues se alimentan del fitoplancton en la base de la cadena alimentaria. También filtran los sedimentos mejorando la calidad del agua del entorno. Las prácticas y utensilios usados para el cultivo suelen colonizarse potenciando la biodiversidad y la abundancia de peces e invertebrados de las aguas y substratos bentónicos. El progreso de la actividad depende de la calidad del agua, por ello las comunidades de mariscadores y empresas cultivadoras de moluscos deben esforzarse en el cuidado de la buena calidad ambiental del entorno marino y terrestre, forzando a menudo la voluntad política o creando corrientes sociales y estados de opinión favorables para evitar o corregir impactos contaminantes, y tratamiento de aguas residuales que vierten al mar y que pueden poner en peligro su actividad y modo de vida.

Conclusiones

La acuicultura de moluscos se asocia a áreas de afloramientos y elevada productividad natural. Tradicionalmente genera una actividad que impulsa la creación de pequeñas empresas asentadas en la costa y que tiene como base social los pescadores artesanales que a menudo compatibilizan la actividad pesquera con la de cultivo de moluscos. El manejo de los cultivos implica disponer de habilidades propias de la pesca artesanal (embarcaciones para cultivos en suspenso) y de agricultura tradicional (uso de herramientas similares para cultivar los parques de fondo). El desarrollo de la socio-economía ligada a la acuicultura de moluscos promueve otra asociada a la existencia de servicios necesarios para la actividad: talleres, almacenes, red de frío, transportes, etc.; también colateralmente de restauración y desarrollo del turismo en estas áreas costeras. Países de la costa del Pacífico (Chile, Perú, Méjico, etc.) en los últimos años desarrollan planes para consolidar este sector de acuicultura. Ecuador, y en particular en el litoral de la provincia de Santa Elena, existen las condiciones básicas para el cambio de la matriz productiva que impulsa el gobierno ecuatoriano.





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

González-Henríquez N¹, Rey-Méndez M.⁴, Pérez Y.², Bilbao A.², Pavón N.², Louzara G.³, Domínguez R.³

¹. Laboratorio Biodiversidad Molecular BIOMOL. Departamento de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Campus Tafira 35017 Las Palmas. España

². GMR CANARIAS. Gobierno de Canarias. Av. Alcalde José Ramírez Bethencourt, 17, Trasera edificio Torreomar. 35003 Las Palmas de Gran Canaria. Las Palmas. España

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

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

E-mail: nieves.gonzalez@ulpgc.es

Resumen

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



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

Palabras clave

Cultivos integrados, piscicultura, biofiltros,

Introducción

Situación de la acuicultura mundial

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

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

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



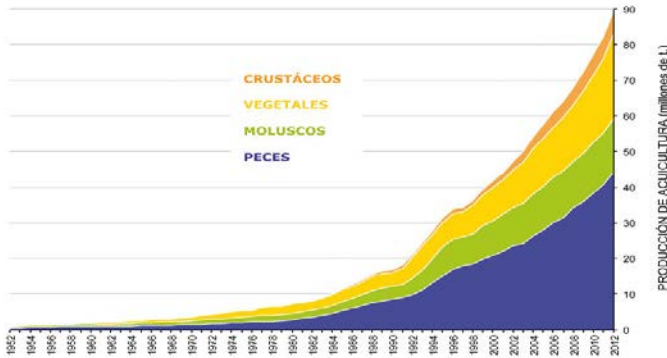


Figura 1.- Evolución de la producción de acuicultura mundial (millones de t.), por grupos, para el periodo 1952-2012
(Fuente FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura).

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

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

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

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

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

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

La acuicultura en el siglo XX

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





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

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

Acuicultura para el siglo XXI

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

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



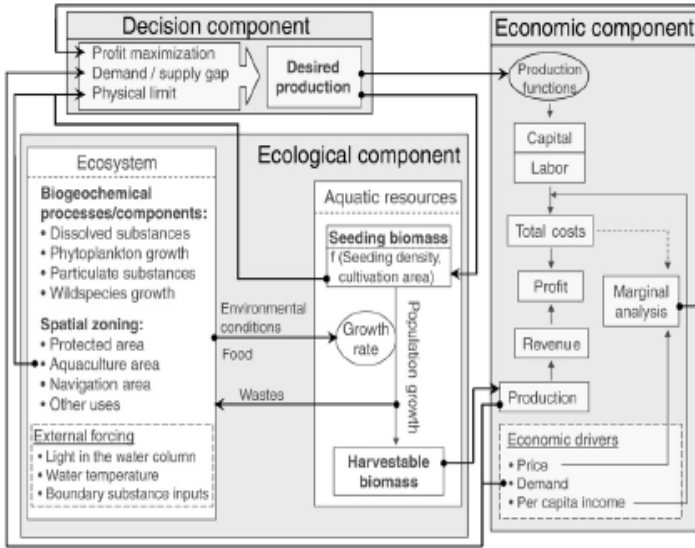


Figura 3.- Modelo conceptual A.M. Nobre et al. Ecological Economics 68 (2009) 3007–3017

Acuicultura multi-trófica integrada - AMTI

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

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

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

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

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

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

Ventajas y beneficios de AMTI

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



Crecimiento sostenible de la acuicultura

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

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

Fomento de la competitividad

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

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

Disminuyen los riesgos económicos mediante la producción diversificada.

Aumentan los beneficios económicos y sociales.

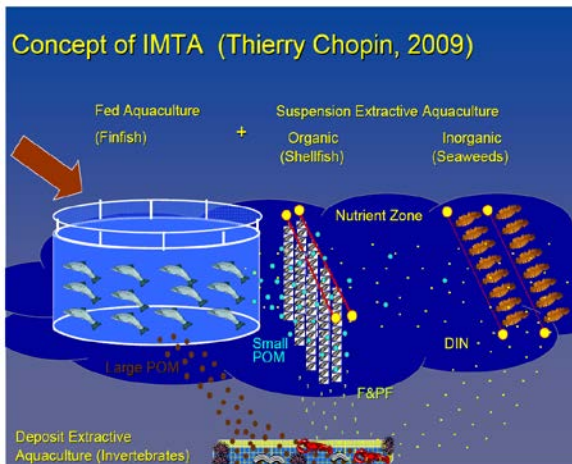


Figura 4.- Esquema de acuicultura multitrofica en sistema de abierto en mar, Chopin 2009.

Inconvenientes y desventajas? de AMTI

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

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

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

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

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

Ejemplos de AMTI a nivel internacional

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

Algunas experiencias en España: Proyecto Multitrófico JACUMAR 2012.

Andalucía:

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

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

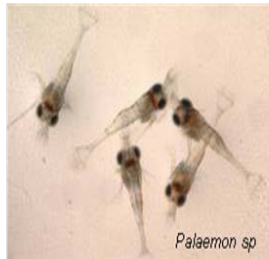
Policultivo en esteros de ostión (*Crassostrea gigas*) y langostinos (*Penaeus japonicus*), asociado a un cultivo de lubina (*Dicentrarchus labrax*)

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



Cataluña:

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



Baleares:

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



Galicia:

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

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

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



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



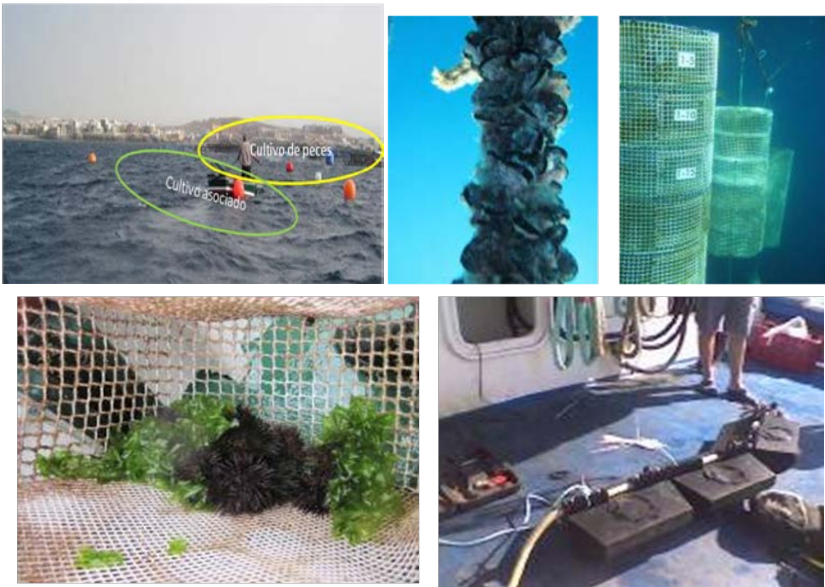
Cultivos de espardeña (*Stichopus regalis*) y cohombro de mar (*Holothuria tubulosa*) en fondos bajo granja de dorada (*Sparus aurata*) en jaulas flotantes en mar abierto.



Canarias:

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

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



Cultivos en tierra:

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

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





Paso a paso hacia la comercialización del AMTI

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

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

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

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

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

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

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

Figura 5.- Resultados encuesta de preferencias monocultivo /AMTI





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

Conclusiones

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

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

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

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



Agradecimientos

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

Referencias

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



Cultivo de pulpo: una alternativa en la producción a pequeña escala

Manuel Rey-Méndez.

Laboratorio de Sistemática Molecular. Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular, CIBUS. Universidad de Santiago de Compostela. Avda. Lope Gómez de Marzoa, Campus Vida. 15782-Santiago de Compostela. A Coruña, España.

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

Resumen

En el mundo, diferentes especies de pulpo se consideran potencialmente idóneas para el cultivo comercial debido a que presentan un ciclo de vida sencillo y sin fases larvares, muestran un rápido crecimiento, se adaptan fácilmente a las condiciones de cautividad, tienen una composición altamente proteica y una importante demanda en el mercado. Desde 1995 se viene trabajando en Galicia (España) sobre la posibilidad de incorporar al pulpo entre las especies con interés para su cultivo. Los resultados experimentales obtenidos, tanto en condiciones de cultivo en laboratorio como en jaulas suspendidas de bateas, ofrecen unos resultados excelentes (aunque solo en su fase de engorde, ya que la consecución del ciclo completo tiene problemas con la alimentación de las paralarvas), sin embargo, la explotación comercial, llevada a cabo ya por diversas empresas en Galicia, se está encontrando con dificultades, especialmente en la consecución de juveniles para el engorde, que podrían llevar al fracaso las buenas expectativas iniciales de este cultivo. Esta situación, puede revertirse con la aplicación de las técnicas de engorde por parte de cooperativas o agrupaciones de pescadores que, a pequeña escala, pueden disponer del recurso que ellos mismos extraen, logrando así un mejor rendimiento económico de su actividad pesquera y facilitando la recuperación de especies con un fuerte componente de sobreexplotación al posibilitar, en poco tiempo, el aumento de la biomasa comercializable con el mismo número de individuos extraídos del medio. En este trabajo se exponen los cuellos de botella del cultivo, así como la situación de las principales especies explotables en el mundo y sus posibles usos en una actividad de engorde a pequeña escala, analizando las ventajas e inconvenientes que pueden presentar para realizar una actividad económica y socialmente rentable, que pueda ser sostenible en el tiempo.



Palabras clave

Pulpo, cultivo a pequeña escala, *Octopus vulgaris*, engorde.

¿Por qué el cultivo de pulpo?

Desde 1995 se viene trabajando en Galicia (España) sobre la posibilidad de incorporar al pulpo (*Octopus vulgaris*), entre las especies con interés para su cultivo comercial. Las razones para ello están sustentadas en que es una especie que presenta un ciclo de vida corto (1-2 años) y sin fases larvarias, elevadas tasas de crecimiento (entre el 1,0 y el 11,5% peso corporal/día a lo largo de toda su vida), alta tasa de conversión alimentaria (30-60%), con un aprovechamiento corporal entre el 80 y el 85% (los crustáceos tienen un 40-45%, y los peces un 25-75%), alcanzan la maduración sexual en aproximadamente un año con una alta fertilidad y viabilidad de los huevos, fácil adaptación a la cautividad, aceptación de alimentos de bajo valor comercial, elevado contenido proteico (70-85% del peso seco), además, presenta un importante mercado y prácticamente ausencia de patologías (Mangold y Boletzky, 1973; Mangold, 1983; Boucher-Rodoni *et al.*, 1987; Lee, 1994; Villanueva, 1995; Villanueva *et al.*, 1995; Iglesias *et al.*, 2000, 2007; Vaz-Pires *et al.*, 2004). A todas estas razones para ser considerada una especie de interés para el cultivo, habría que añadir la necesidad de disminuir la presión pesquera sobre este recurso y la posibilidad de repoblación que puede proporcionar el cultivo de *Octopus vulgaris*.

Ciclo de vida de *Octopus vulgaris*

Los pulpos son dioicos y la fecundación tiene lugar mediante copulación, gracias al tercer brazo derecho del macho que está modificado (hectocótilo), poseyendo un surco a lo largo de toda su cara ventral (por donde desliza los espermatozoides en la cavidad del manto de la hembra depositándolos en el conducto genital), acabando en una zona lisa y aplanada (lígula), a diferencia de los otros brazos que acaban en punta y con ventosas. Otra de las diferencias morfológicas entre machos y hembras en la edad adulta, es que los machos poseen unas pocas ventosas de tamaño destacado en los segundos y terceros pares de brazos, mientras que en las hembras las ventosas son de tamaño más uniforme a lo largo de todo el brazo. Algunos autores apuntan a que estas grandes ventosas sirven para reconocimiento sexual en el medio natural, antes de que se inicie cualquier tipo de actividad copulatoria (Hanlon y Messenger, 1996). La duración de la puesta es de 15 a 30 días, con un tamaño de huevos de alrededor de 2,5mm, en número que oscila entre 100.000 y 500.000 (sobre 100.000 huevos/kg hembra). La hembra fija los huevos al substrato en cavidades naturales o artificiales, y son



cuidados continuamente por ésta. El desarrollo embrionario depende principalmente de la temperatura, con una duración de 25 días, a 25°C, mientras que a temperaturas más bajas puede llegar a los 135 días (Fig. 1). La acción mecánica de las ventosas y los chorros de agua a través del embudo, impiden la fijación de organismos sobre el córion de los huevos, facilitando además que el agua se renueve a su alrededor para mantener una óptima oxigenación). Durante este período de cuidados hasta la eclosión las hembras no se alimentan y pierden peso que va desde un 60% en las más pequeñas (750 g), al 30% en las de 4 Kg (Iglesias *et al.*, 2014), muriendo después de la eclosión de los huevos. Se ha demostrado la existencia de múltiple paternidad en *O. vulgaris*, lo que puede representar un proceso que maximiza la recombinación genética de la hembra con varios machos en un único acontecimiento reproductivo (Quinteiro *et al.*, 2011). La eclosión de los huevos libera las paralarvas, término propuesto por Young y Harman (1988), que así se denominan porque en realidad no van a sufrir una verdadera metamorfosis antes de convertirse en juveniles, aunque al contrario que en la vida adulta, son planctónicas en sus primeros días de vida, haciéndose bentónicos a los 30-60 días de edad (Itami *et al.*, 1963; Villanueva, 1994; Villanueva *et al.*, 1995). A medida que las paralarvas van creciendo, la proporción de los brazos frente al manto va aumentando, y una vez alcanzado un determinado tamaño, realizan el asentamiento en el fondo, convirtiéndose así en juveniles bentónicos de morfología igual que los adultos. El crecimiento de los juveniles hasta la fase adulta puede tardar de 8 a 15 meses, dependiendo principalmente de la temperatura y de la disponibilidad de alimento (Mangold y Boletzky, 1973; Forsythe y Van Heukelem, 1987; Semmens *et al.*, 2004; Leporati *et al.*, 2007). Al igual que muchos otros cefalópodos, *O. vulgaris* es una especie carnívora durante todo su ciclo de vida. En las fases de juvenil hasta la edad adulta, los pulpos se alimentan de una gran variedad de presas que están representadas por la mayor parte de los *fila* marinos (Mangold, 1983), de los cuales varias especies de crustáceos, peces, y otros moluscos constituyen las presas más comunes, siendo los cangrejos una de sus favoritas (Nixon, 1987). Esta especie presenta, además, un comportamiento de canibalismo frecuente en el medio natural. A pesar del gran interés que hay en el cultivo industrial de esta especie, todavía persiste un importante cuello de botella por resolver: el cultivo de las paralarvas planctónicas hasta la fase de asentamiento, cuando éstas se convierten en juveniles bentónicos.





Figura 1.- Esquema del ciclo de vida del pulpo *Octopus vulgaris*.

Fase planctónica en el cultivo del pulpo

Actualmente el principal problema que impide el desarrollo integral del cultivo del pulpo (*O. vulgaris*) es la elevada mortalidad que se observa en la fase planctónica. A pesar de los intentos llevados a cabo por diferentes grupos de trabajo de varios países, en los que se han utilizado distintas metodologías de alimentación y condiciones zootécnicas, pocos fueron los experimentos en los que se ha logrado obtener juveniles bentónicos (revisado por Iglesias *et al.*, 2007). Algunos de los primeros trabajos llevados a cabo a nivel mundial se realizaron en Japón. Itami *et al.* (1963) utilizando zoeas de camarón (*Palaemon serrifer*) lograron tener pulpos juveniles al cabo de 45 días, con una supervivencia del 8%. Hamazaki *et al.* (1991) publicaba igualmente la obtención de juveniles de pulpo bentónicos en condiciones controladas, empleando como alimento vivo juveniles de *Artemia* (1,5-2mm) enriquecidos con *Nannochloropsis* sp. y añadiendo esta misma microalga al tanque de cultivo, alcanzando en uno de sus experimentos en un tanque de 20 m³ un número de 23.700 juveniles bentónicos (supervivencia del 29%) al cabo de 25 días de cultivo.

Al comienzo de los años 90, se iniciaron también en España un conjunto de importantes trabajos relacionados con el cultivo del pulpo *O. vulgaris*. Los primeros trabajos publicados sobre el cultivo larvario de cefalópodos en laboratorio han sido desarrollados por Villanueva (1994, 1995), que probando zoeas de distintos crustáceos decápodos (*Pagurus prideaux*, *Liocarcinus depurator* y *Dardanus arrosor*), logró obtener pulpos bentónicos, confirmando a



las zoeas como un alimento apropiado para suministrar a larvas de cefalópodos. Sin embargo, este autor ya ponía de manifiesto la dificultad en obtener zoeas en momentos precisos y los altos costes de mantenimiento y mano de obra que implicaba esta práctica. Por otro lado, se iniciaban también en España un conjunto de experimentos de engorde de pulpo a escala de laboratorio para evaluar el potencial de crecimiento de esta especie, afrontándose entre los años 1997 y 2000 el problema del cultivo de la fase planctónica. En los primeros ensayos realizados, Iglesias *et al.* (2000) probaron distintos tipos de alimento tales como: zooplancton del medio natural (copépodos, zoeas de crustáceos y misidáceos), ictioplancton, huevos de peces, micropellets, *Artemia* y rotíferos, y más tarde zoeas de crustáceos obtenidas en laboratorio a partir de stocks de reproductores de cangrejo (*Carcinus maenas*), nécora (*Necora puber*) y camarón (*Palaemon serratus*). Sin embargo, la mortalidad de las paralarvas fue casi total en los primeros días de vida, alcanzándose supervivencias máximas del 10% a los 32 días al emplear como alimento metanauplios y a continuación *Artemia* adulta enriquecida con microalgas, pero sin que se lograra alcanzar la fase de pre-asentamiento de las paralarvas. En los intentos llevados a cabo en el IEO de Vigo, y más tarde en el Centro de Experimentación Pesquera de Asturias, se obtuvieron algunos ejemplares de juveniles bentónicos que han llegado a alcanzar la edad adulta, utilizándose como dieta para suministrar a las paralarvas juveniles de *Artemia* enriquecidos con microalgas, complementados con zoeas de centolla *Maja brachydactyla* en momentos de disponibilidad de éstas (Iglesias *et al.*, 2002, 2004; Carrasco *et al.*, 2003, 2006). El seguimiento de los pulpos supervivientes de uno de estos experimentos hasta la fase adulta, y la obtención de una puesta de huevos por parte de una hembra, originó el cierre del ciclo de vida del pulpo en laboratorio por primer vez (Iglesias *et al.*, 2004). De forma similar, Carrasco *et al.* (2003, 2006) lograron obtener en uno de sus experimentos pulpos bentónicos a los 60 días, con una supervivencia del 3,4%. Sin embargo, la utilización de zoeas de crustáceos como alimento vivo supone un elevado riesgo, ya que no se controla la obtención de las mismas en momentos precisos ni la cantidad a producir, además de los elevados costes que conlleva esta práctica por la necesidad de disponer de más recursos materiales, físicos y de personal (Navarro y Villanueva, 2000). *Artemia*, en cambio, es un crustáceo fácil de producir, los nauplios o metanauplios se obtienen en 24-72 h, y su composición bioquímica se puede modular mediante técnicas de enriquecimiento al ser un filtrador continuo obligado y no selectivo. La utilización de *Artemia* como presa viva se consolida, por tanto, como una de las mejores alternativas para el cultivo de paralarvas, aunque sea necesario seguir trabajando en la modulación de su valor nutricional de acuerdo con los posibles requerimientos de las paralarvas.

El engorde industrial del pulpo

Las dificultades en el cierre del ciclo vital del pulpo no han impedido que en Galicia, a partir del año 1996 y en el resto de España después, se desarrollara una



actividad industrial de engorde de pulpo, gracias a los buenos resultados obtenidos por nuestro grupo de investigación de la Universidad de Santiago de Compostela (Rama-Villar *et al.*, 1997) utilizando jaulas suspendidas de una batea, así como los resultados obtenidos en el Centro Costero del Instituto Español de Oceanografía (Iglesias *et al.*, 1997), mediante el uso de estanques en instalaciones terrestres.

El proceso comienza con la captura de ejemplares de pulpos sub-adultos y del tamaño legal permitido (1 Kg en la actualidad), a través de las pesquerías artesanales y en las proximidades del área donde está situado el sistema de engorde, mediante el uso de nasas (Fig. 2). Los ejemplares para engorde son introducidos individualmente en una bolsa de red que lleva en su interior un tubo de PVC (20cm de longitud por 15cm de diámetro), que es usado por el pulpo como refugio para evitar el contacto con otros congéneres y para su protección hasta su entrada al sistema de engorde. Estas bolsas individuales son situadas dentro de otra bolsa más grande, también de red, que se sitúa dentro del agua mientras las labores de pesca no finalizan. El transporte desde el área de extracción al sistema de engorde se hace con la bolsa de pulpos fuera del agua, en caso de rutas cortas, o sumergida en un tanque con circulación abierta de agua de mar.



Figura 2.- Métodos de captura de pulpos para engorde. En la fila superior, nasa tradicional en Galicia y sistema de calado. Fila intermedia: arranchado de nasas en barco de pesca artesanal y trampas de material plástico tipo refugios. Fila inferior: dos tipos de trampas (cadups) utilizadas en el Mediterráneo, también de tipo refugio y fabricadas con cerámica.



El esquema general de explotación de una empresa de las que están en funcionamiento consiste en jaulas de sección redonda o cuadrada con guardidas individuales (en las paredes o en el centro) con capacidad para 150 pulpos. Estas jaulas pueden ser unidades individuales con sistema de flotación propio o disponerse en una plataforma (batea) flotante común (Fig. 3). El proceso de engorde tiene una duración de 3 o 4 meses (dependiendo de la época del año) y se pueden realizar anualmente tres ciclos de engorde, con un tamaño final de 2,5 a 3kg. La densidad inicial es de 17Kg/m³, con alimentación diaria que supone entre el 5-10% del peso total de pulpos consistente en una mezcla de peces, moluscos y crustáceos de bajo valor comercial. En condiciones óptimas la mortalidad ronda el 20% (Rey-Méndez *et al.*, 2003).



Figura 3.- Sistemas industriales de engorde. En la fila superior se muestran sistemas de plataforma (batea), con diferentes tipos de refugios. Las filas intermedia e inferior muestran sistemas autoflotantes con jaulas de sección circular y cuadrada, con los respectivos tipos de refugios.

Las compañías de engorde industrial en Galicia llegaron a tener una producción autorizada de 275t/año, con una producción máxima real de 49,4t en el año 2000,



bajando a 2,8t en el 2011, quedando actualmente una sola compañía activa, formada por una cooperativa de pescadores de pulpo. Entre las causas principales aducidas para este abandono de la actividad de engorde en Galicia se encuentran: el aumento del tiempo de prohibición de pesca del pulpo (vedas), lo que impide tener una entrada constante de individuos al sistema de engorde; el aumento del tamaño legal de pesca, que ha pasado de 750g a 1000g, y que disminuye el número de capturas; la negativa de muchos pescadores a proporcionar pulpos a los sistemas de engorde, ya que supondría un aumento de producción con la consiguiente bajada de los precios; la ausencia de una dieta comercial que permita no depender de los altibajos de suministro y económicos de las dietas naturales actuales.

El desarrollo del engorde de pulpo a escala industrial va a requerir, por tanto, producción en masa de sub-adultos y dietas comerciales específicas para su crecimiento y supervivencia, es decir, eliminar las dos dependencias principales del medio natural. Mientras tanto, las asociaciones de pescadores pueden tener una oportunidad de incrementar sus ingresos con esta actividad, ya que pueden conseguir pulpos sub-adultos y alimentación natural a través de los descartes de las pesquerías.

El engorde de pulpo como una oportunidad en la explotación a pequeña escala

En el mundo existen numerosas especies de pulpos con interés para su explotación comercial, especialmente en pesquerías y, en algunas de ellas, se están realizando estudios para lograr su cultivo. El interés del cultivo de estas especies no es solo por su aplicación al consumo como alimento, donde las especies de mayor tamaño (*Enteroctopus megalocyathus*, *O. vulgaris*, *O. mimus*) serían un objetivo esencial, también hay especies que son muy apreciadas como animales de experimentación para diversas disciplinas científicas o en acuariofilia (*Amphioctopus aegina*, *Robsonella fontaniana*, *O. minor*). Por otra parte, especies de un tamaño reducido pueden ser dirigidas a un mercado de consumo gourmet (*O.maya*, *Robsonella fontaniana*), respondiendo a las demandas de diferentes culturas gastronómicas. Tampoco hay que olvidar que la mayoría de las especies comerciales de pulpos tienen un nivel alto de explotación y su cultivo jugaría un papel esencial en mejorar la situación de las pesquerías a través de su repoblación.

Tal como se vio en apartados anteriores, la mayor dificultad para el cierre del ciclo del cultivo de pulpo (*O. vulgaris*) está en lograr la alimentación adecuada de las paralarvas hasta la fase bentónica. Pero este aspecto afecta de forma desigual a las diferentes especies ya que algunas de ellas (*O. maya* y *O. minor*, por ejemplo), no tienen fases planctónicas en sus primeras etapas de vida, eclosionando del huevo y permaneciendo ya en el fondo como juveniles, con mejores posibilidades para el cierre de su ciclo vital. Otras especies, sin embargo, habitualmente con huevos de pequeño tamaño, suelen tener puestas



con gran cantidad de huevos pero con altas mortalidades, especialmente en la fase de paralarvas planctónicas (*O. vulgaris* y *O. mimus*, por ejemplo).

Dado que las explotaciones de engorde comercial realizadas en Galicia (España) fracasaron en su mayoría debido a la dificultad de obtener pulpos sub-adultos para su engorde, a pesar de las buenas expectativas generadas en las experiencias realizadas, parece lógico pensar que si el aprovisionamiento de sub-adultos estuviese garantizado se podrían obtener beneficios económicos de la fase de engorde, además de ser beneficioso para disminuir la presión sobre un recurso tan demandado y que suele estar sobreexplotado, ofreciendo una oportunidad a las agrupaciones de pescadores del recurso que podrían mejorar sus ingresos con el engorde de sus propias capturas, estableciendo, a su vez, mejores técnicas de engorde que puedan ser aprovechadas en el momento que se consiga cerrar el ciclo de cultivo.

Los aspectos zootécnicos para la mejora de los cultivos de las diferentes especies de pulpos están en constante mejora, pero deben adaptarse a cada especie y área de cultivo. Así, por ejemplo, los países en desarrollo situados en zonas tropicales con temperaturas relativamente altas y que se suelen asociar con un rápido crecimiento en algunas especies de pulpos, necesitan diseñar y poner a punto sistemas de engorde adecuados a la zona, con bajos costes de construcción y mantenimiento. Pero también es necesario un aporte de alimentos de bajo valor comercial (descartes de la pesca, habitualmente) y cambios en los sistemas de captura de los pulpos, con el fin de no dañarlos y que puedan entrar en el sistema de engorde con altas probabilidades de supervivencia.

Una experiencia con posibilidades de éxito podría ser, por ejemplo, el cultivo de la especie *O. mimus* en Ecuador, asociada a una agrupación de pescadores artesanales. Como aspectos favorables podríamos considerar que la entrada al sistema de engorde de individuos sub-adultos estaría garantizada, al menos mientras se capturen pulpos en la zona, lo que incrementaría los ingresos económicos en relativamente poco tiempo, estimando un comportamiento similar a *O. vulgaris*, y vistas las experiencias previas realizadas por diversos autores (Olivares *et al.*, 1996; Cortez *et al.*, 1999; Baltazar *et al.*, 2000). También podemos considerar como otro factor positivo el que los asociados puedan proporcionar alimentos para el engorde, a partir de los descartes de sus propias actividades de pesca. Estos dos aspectos, disponibilidad de sub-adultos y alimentos a bajo coste, junto a la posible disminución de las capturas por el aumento de la oferta en la zona (siempre que se mantenga una pesquería sostenible y sin forzar el recurso más allá de la explotación tradicional, ya que estamos hablando de una explotación a pequeña escala), nos podría indicar que la actividad de engorde puede ser exitosa.

Por otra parte, como aspectos negativos para la instalación de un sistema de engorde dentro de una asociación de pescadores, tendríamos que, como suele suceder en los países sudamericanos, la pesquería del pulpo se realiza mediante buceo (semiautónomo con compresor, o mediante snorkel), utilizando ganchos o "varas guayanas" (Fig. 4) que dañan al animal dejándolo, en la mayoría de las



ocasiones, inservible para una posterior utilización en sistemas de engorde. Por otra parte, este sistema de captura presenta otros problemas para la conservación de la especie ya que, en muchas ocasiones, se capturan hembras que están cuidando de su puesta, haciendo inviable la eclosión de los huevos al no disponer del cuidado de la madre que los oxigena y limpia para evitar, por ejemplo la aparición de hongos. Además, este tipo de pesca favorece la captura de otras especies de valor comercial aunque no estén permitidas, bien por vedas temporales o permanentes.

Lógicamente, habría que cambiar el sistema de captura, a otro que fuese más cuidadoso con la integridad del animal y que evite los daños colaterales a otras especies, así como tener la posibilidad de devolver al mar las capturas con tamaño no legal (muy difícil con el uso del gancho ya que en la mayoría de los casos el buceador no ve la pieza en su totalidad hasta que la tiene fuera de su cueva y ensartada en el gancho). Parece que el sistema más adecuado sería el de trampas tipo nasa (que se ceban con comida para atraer a los pulpos), o bien tipo refugio (que no se ceban y utilizan la costumbre de los pulpos de utilizar refugios cuando capturan alguna presa, con el fin de comérsela sin estar expuesto a posibles depredadores), tal como se usa en España (ver Fig. 2). Aunque este tipo de arte es mucho más cómodo y tiene muchas más ventajas medioambientales que el sistema de buceo, es difícil cambiar las costumbres y se aducen diferentes justificaciones en contra, tales como la carestía del sistema de nasas y que es menos exitoso en capturas que el buceo, sin tener en cuenta que es más cómodo para el pescador (alargando también su vida activa respecto al buceo) y que es más respetuoso con el medio y con las especies, permitiendo una pesquería sostenible.

Así pues, parece que la actividad de engorde de pulpo manejada por una asociación de pescadores, aunque tendría ventajas económicas y de sostenibilidad de la pesquería, necesitaría de un cambio en el sistema de pesca que, a su vez, es más cómodo para el pescador y mejora la sostenibilidad de la especie objetivo y de otras especies acompañantes en el sistema de buceo. El factor económico no parece ser muy importante si las comparamos con la necesidad de disponer y mantener un compresor o trajes de buceo, ya que las trampas tipo refugio, por ejemplo, pueden confeccionarse con latas de conserva o botellas de plástico.



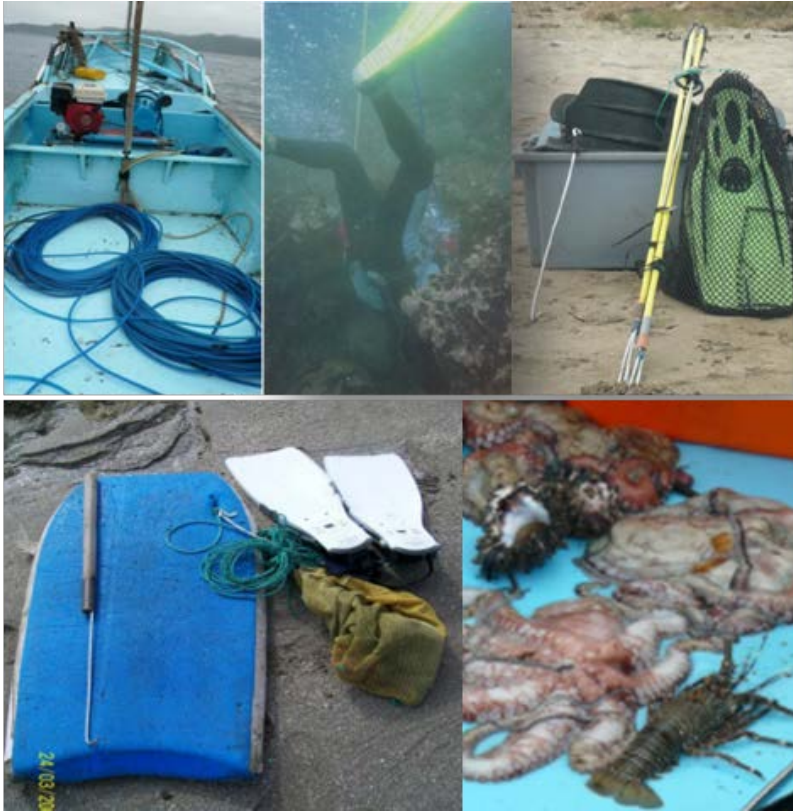


Figura 4.- Métodos de pesca de pulpo utilizados en la provincia de Santa Elena (Ecuador). En la fila superior: embarcación con compresor y manguera, buzo capturando presas con buceo semiautónomo y utensilios utilizados (gancho y varas guayananas). En la fila inferior: utensilios para la pesca mediante buceo con snorkel (tabla y gancho) y capturas objetivo (pulpos) y accesorias (en época de veda, sin el tamaño legal o especies protegidas).

Otras dificultades mayores para tomar la decisión de instalar un sistema de engorde de pulpos podrían ser la construcción e instalación del propio sistema y su coste económico. Esto, lógicamente, debe estudiarse en la propia ubicación y buscar los materiales más adecuados y económicos para su construcción, pero existen diferentes alternativas que no son caras (tubería de PVC, madera y flotadores, ...). Es necesario probarlas en la zona elegida y realizar un estudio piloto que aporte resolución de dudas, tanto en los aspectos económicos como en la viabilidad de la actividad y la mejora de las condiciones de vida de los pescadores artesanales del pulpo. Pero, además, es necesario hacerlo cuanto antes ya que si nos ceñimos a los datos que nos aportan los estudios sobre la pesquería del pulpo en la zona de Salinas (Santa Elena, Ecuador), entre noviembre de 2008 y mayo de 2009, el 92,24% de los pulpos capturados



mediante buceo con snorkel tenían menos de 450g, y que la ganancia media de un pescador de estas características era de 280 dólares mensuales (NaranjoTibanlombo, 2009), estamos viendo una situación de sobreexplotación del recurso y una actividad económica en declive, a la que hay que buscar soluciones.

Conclusion

Aunque la actividad del cultivo industrial de pulpo necesita del cierre de su ciclo de cultivo con la resolución de la alimentación de las paralarvas hasta que alcancen su fase bentónica (juveniles), las experiencias de engorde de animales sub-adultos de tamaño legal para su extracción (750g-1000g) realizado en Galicia (España), aunque con buenas perspectivas comerciales, fracasó debido a la falta de especímenes juveniles para engordar. Únicamente se libró del cierre la empresa formada por una asociación de pescadores de pulpo, que tenían asegurado el suministro a partir de las capturas de sus asociados. Este modelo de negocio a pequeña escala puede ser trasladado con éxito a otros países y especies de cefalópodos, asegurando no solo una mejora económica para los pescadores sino también la protección del recurso mediante el cambio de sistemas de captura (paso de sistemas de buceo al uso de trampas tipo nasa o refugio), así como favorecer la repoblación con eclosiones protegidas.

Referencias

- Baltazar P., Rodríguez P., Rivera W. & Valdivieso V. 2000. Cultivo experimental de *Octopus mimus*, Gould 1852 en el Perú. *Rev. Perú Biol.* 7(2):151-160.
- Boucher-Rodoni R., Boucaud-Camou E. & Mangold K. 1987. Feeding and digestion. In: *Cephalopod Life Cycles. II*. Boyle P.R. (Ed). Academic Press, London: 85-108.
- Forsythe J.W. & Van Heukelem W.F. 1987. Growth. In: *Cephalopod Life Cycles. II*. Boyle P.R. (Ed). Academic Press, London: 135-156.
- Carrasco J.F., Rodríguez C. & Rodríguez M. 2003. Cultivo intensivo de paralarvas de pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) utilizando como base de la alimentación zoeas vivas de crustáceos. IX Congreso Nacional de Acuicultura, Cádiz, España, 12-16 Maio.
- Carrasco J.F., Arronte J.C. & Rodríguez C. 2006. Paralarval rearing of the common octopus, *Octopus vulgaris* (Cuvier). *Aquac. Res.* 37: 1601-1605.
- Cortez T., González A. & Guerra A. 1999. Growth of cultured *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae). *Fish Res.* 40:81-89.
- Hamazaki, H., Fukunaga, K., Yoshida, Y., Maruyama, K., 1991. Effects of marine *Nannochloropsis* sp., on survival and growth on rearing pelagic paralarvae of *Octopus vulgaris*, and results of mass culture in the tank of 20 metric tons. *Saibai-Giken* 19: 75-84 (en japonés).



- Hanlon R.T. & Messenger J.B. 1996. *Cephalopod Behaviour*. University Press, Cambridge, 232 pp.
- Iglesias J., Sánchez F.J. & Otero J.J. 1997. Primeras experiencias sobre el cultivo integral del pulpo (*Octopus vulgaris*) en el Instituto Español de Oceanografía. En: Costa, J., Abellan, E., García, B., Ortega, A. y Zamora, S., (Eds.). *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, Cartagena. ISBN: 84-491-0323-1. pp. 221-226.
- Iglesias J., Sánchez F.J., Otero J.J., Moxica C. 2000. Culture of octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier). Present knowledge, problems and perspectives. *Cah. Options Méditerr.* 47: 313-321.
- Iglesias J., Otero J.J., Moxica C. & Sánchez F.J., 2002. Paralarvae culture of octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier) using *Artemia* and zoeas, and first data on juvenile growth up to eight months of age. *European Aquaculture Society, Special Publication* 32: 268-269.
- 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: paralarvae rearing using *Artemia* and zoeae, and first data on juvenile growth up to eight months of age. *Aquacult. Int.* 12: 481-487.
- Iglesias J., Sánchez J., Bersanob J., Carrasco J., Dhont J., Fuentes L., Linares F., Muñoz J., Okumura S., Roo J., van der Meer T., Vidal E. & Villanueva, R. 2007. Rearing of *Octopus vulgaris* paralarvae: Present status, bottlenecks and trends. *Aquaculture* 266: 1-15.
- Iglesias J. & Fuentes L. 2014. *Octopus vulgaris*. Paralarval Culture. In: *Cephalopod Culture*, Iglesias J., Fuentes L., Villanueva R. (Eds). Springer Science+Business Media, Dordrecht (Holland), 427-450.
- Itami K., Izawa Y., Maeda S. & Nakai K. 1963. Notes on the laboratory culture of octopus larvae. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 29: 514-520.
- Lee P.G., 1994. Nutrition of cephalopods: fuelling the system. *Mar. Freshw. Behav. Physiol.* 25: 35-51.
- Leporati S.C., Pecl G.T. & Semmens J.M. 2007. Cephalopod hatchling growth: the effects of initial size and seasonal temperatures. *Mar. Biol.* 151: 1375-1383.
- Mangold K. 1983. *Octopus vulgaris*. In: *Cephalopod Life Cycles. I*. Boyle PR (Ed). Academic Press, London: 335-364.
- Mangold K. & Boletzky S.V. 1973. New Data on Reproductive Biology and Growth of *Octopus vulgaris*. *Mar. Biol.*, 19: 7-12.
- Naranjo Tibanlombo, J.R. 2009. Biometría, ecología, situación actual y pesca del pulpo común en el cantón Salinas-Santa Elena, durante noviembre de 2008-mayo de 2009. Tesis de Grado, UPSE.
- Navarro J. & Villanueva R. 2000. Lipid and fatty acid composition of early stages of cephalopods: an approach to their lipid requirements. *Aquaculture* 183: 161-177.
- Nixon M., 1987. Cephalopods diets. In: *Cephalopod Life Cycles. II*. Boyle, P.R. (Ed.). Academic Press, London: 201-219.
- Olivares A., Zúñiga O., Castro G., Segura C. & Sánchez J. 1996. Bases biológicas para el manejo de *Octopus mimus*: Reproducción y crecimiento. *Estud Oceanol.* 15:61-74.
- 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.
- Rama-Villar A., Faya-Angueira V., Moxica C. & Rey-Méndez M. 1997. Engorde de pulpo (*Octopus vulgaris*) en batea. En: Costa J., Abellan E., García B., Ortega A. y



- Zamora S.809473 (Eds.). *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, Cartagena. ISBN: 84-491-0323-1.
- Rey Méndez M., Tuñón E. & Luaces-Canosa M. 2003. Estudio de los efectos del peso inicial y el sexo sobre el comportamiento, la mortalidad y el crecimiento del pulpo (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797) en cultivo industrial. En: Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía (Eds.). *Actas del IX Congreso Nacional de Acuicultura*, pp. 276-277.
- Semmens J.M., Pecl G.T., Villanueva R., Jouffre D., Sobrino I., Wood J.B., Rigby P.R. 2004. Understanding octopus growth: patterns, variability and physiology. *Mar. Fresh. Res.* 55: 367-377.
- Vaz-Pires P., Seixas P. & Barbosa A. 2004. Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. *Aquaculture* 238: 221-238.
- Villanueva R. 1994. Decapod crab zoeae as food for rearing cephalopod paralarvae. *Aquaculture* 128:143-152.
- Villanueva R. 1995. Experimental rearing and growth of planktonic *Octopus vulgaris* from hatching to settlement. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 2639-2650.
- Villanueva R., Nozais C. & Boletzky S.V., 1995. The planktonic life of octopuses. *Nature* 377: 107.
- Young R.E. & Harman R.F. 1988. “Larva”, “paralarva” and “subadult” in cephalopod terminology. *Malacología*, 29 (1): 201– 207.



Integración de la acuicultura en la producción de vegetales y cuyes empleando energía renovable en una zona rural de la costa centro del Perú

Baltazar P., Francia C., Colan C., Bellido L.

Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Lima; Perú

E-mail: pbaltazar@cientifica.edu.pe.

Resumen

Con el objetivo de evaluar un sistema de acuicultura multitrófica integrada (peces, vegetales y cuyes) se planteó una serie de experimentos en el Centro de Investigación Acuícola de Calango (CIAC) de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Universidad Científica del Sur, la cual se encuentra ubicada al margen derecho del río Mala, Región Lima, Perú. El sistema está diseñado para permitir que el agua circule de los estanques de cultivo de peces, tanques de sedimentación y cultivo de vegetales (lechugas y forraje verde), empleándose para el movimiento de los motores y alumbrado energía renovable. Los resultados del análisis químico del agua indicaron presencia de nutrientes en cantidades adecuadas para el desarrollo de las plantas, en concentraciones similares a las empleadas en cultivos hidropónicos de lechuga y forraje verde, excepto potasio y magnesio. Los tratamientos en las que se emplearon aguas de los cultivos de peces tuvieron crecimientos significativos ($p < 0,05$), en cuanto a los cuyes logro obtener un rendimiento de carcasa de 65%. Así mismo se lograron obtener beneficios económicos en las diferentes etapas de proceso de cultivo integrado multitrófico. El uso de este sistema integrado ha permitido obtener tres productos de consumo humano directo: la tilapia, lechugas y cuyes; y un tercer producto para consumo animal: forraje verde, por lo que la acuaponía es una actividad sostenible y puede aplicarse en regiones costeras del Perú.

Palabras clave

Tilapia, lechuga, cebada, maíz, cuyes, acuaponía.



Introducción

En la mayor parte del continente la acuicultura se desarrolla en áreas rurales, principalmente en países en vía de desarrollo y con escasez de alimentos ricos en contenido proteico, ya que es vista como una fuente para obtenerlo (FAO, 2014). La acuicultura es una actividad potencial para diversificar el uso del suelo, ya que el agua de desecho del cultivo de peces puede ser utilizada en el riego de áreas agrícolas, para incrementar la producción y los beneficios a través de la práctica de acuicultura integral, usando recursos locales de bajo costo con tecnologías extensivas y semi intensivas, más apropiadas para la escasa base de recursos que poseen los productores. La acuicultura con dicho propósito es complementada con otras actividades agropecuarias para asegurar la obtención de varios productos (peces, granos, leche, etc.), como una actividad de medio tiempo (Poot *et al.* 2012).

La producción alimentaria mundial (agricultura, ganadería y acuicultura) tiene invariablemente efectos ambientales como: ocupación y fragmentación del hábitat natural anterior, reducción de la fauna y flora y de su diversidad, cambios en la calidad del suelo, agua y paisaje, introducción inadvertida de patógenos, predadores o plagas, y contaminación por efecto de insecticidas, herbicidas, antibióticos, entre otros. (IRR e ICLARM, 1992; IIRR, FAO y WFC, 2004).

La acuicultura Multitrófica integrada (AMTI), es una práctica en la que los desechos de una especie son reciclados para convertirse en aportes (fertilizantes, alimentos) para otra (Chopin *et al.*, 2001). Estos sistemas pueden encontrarse en tierra firme o en sistemas de aguas abiertas, sistemas marinos o de agua dulce, y pueden comprender varias combinaciones de especies (Neori *et al.*, 2004). La AMTI promueve la sustentabilidad económica y ambiental, mediante la conversión de los nutrientes sólidos y solubles, de los organismos y su alimento (por ejemplo, cultivo intensivo de peces y camarón), en cosechas (organismos extractores), por consiguiente reducen el potencial de eutrofización, e incrementan la diversificación económica (Tournay, 2006; Neori *et al.*, 2004; Troell *et al.*, 2003; Prein, 2002; Little y Muir, 1987). Además, el análisis de escenario, también indica que más de una docena de estudios han investigado la economía de los sistemas AMTI desde 1985 (IRR, FAO y WFC, 2004), demostrando que pueden reducir el riesgo financiero debido a las amenazas relacionadas con el clima, enfermedades y las fluctuaciones del mercado (Ridler *et al.*, 2007).

Una característica importante de integrar la acuicultura con la agricultura es el reciclaje de nutrientes entre los componentes de la granja (Little y Muir, 1987; Prein, 2002), mediante el reciclaje de nutrientes, la agricultura permite la intensificación de la producción e ingresos, y la reducción de impactos ambientales (Edwards *et al.*, 2002, Costa-Pierce, 2002; Devendra y Thomas, 2002). El beneficio potencial de integrar la acuicultura, la agricultura y el cultivo de animales menores aprovechando los efluentes acuícolas sirve de modelo para



las familias agrícolas más pobres en el país ya que en la actualidad es un problema el depender del recurso agua para la acuicultura y agricultura.

Con este trabajo se pretende generar conocimiento técnico-económico del cultivo integral de tilapia, hortalizas (lechuga), y forraje verde para la alimentación de animales menores (cuyes) en un sistema integrado que utiliza efluentes acuícolas y energía renovable. Además, planteará las bases para un futuro desarrollo de los sistemas AMTI de producción a nivel piloto y comercial adaptándolo a cada realidad del país, priorizando utilizar materiales considerados de desecho, y materiales de bajo costo económico.

Materiales y métodos

Las experiencias se llevaron a cabo en el Centro de Investigación Acuícola de Calango (CIAC) de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Universidad Científica del Sur, la cual se encuentra ubicada al margen derecho del río Mala, Región Lima, Perú.

Se utilizaron alevinos de *Oreochromis niloticus* “tilapia, variedad Chitralada”, con pesos iniciales medios de $0,26 \pm 0,08$ g, los cuales fueron sembrados en un estanque de 600 m² (10 ejemplares/m²). Se empleó alimento extruido con diferentes niveles de proteínas que fueron suministrados dependiendo la etapa del cultivo: alevines 40 %, juveniles 30 % y engorde 25 %. Así mismo, la tasa de alimentación varió entre 10 y 1,5 % de la biomasa, mensualmente se realizó una biometría, donde se tomaba al azar el 20% del total de la población, midiéndose la longitud total (cm) y el peso (g).

El agua procedente del cultivo de tilapia (estanque) paso por un sistema de mineralización (tanque de 500 litros con mallas de nylon de 1” de grosor), la cual tiene la función de disgregar la materia orgánica, y transformar el amonio en nitritos y nitratos para que esta pueda ser aprovechada por las plantas. Seguido de esta unidad de tratamiento hubo un compartimento de 200 litros donde se acumuló y redistribuyó el agua hacia los cultivos hidropónicos.

Las especies empleadas en el cultivo hidropónico fueron la lechuga variedad luana (*Lactuca sativa*), la cual se trabajó a dos densidades de cultivo: 13 lechugas/m² (D1) y 20 lechugas/m² (D2). Así mismo, se realizaron dos evaluaciones en cada variedad de lechuga: a un grupo se le cultiva con agua proveniente del cultivo de los peces (CNH) y al otro no (SNH). El maíz (*Zea mays*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), que fueron sembradas a dos densidades diferentes: 300 g/bandeja (D1) y 350 g/bandejas (D2), se realizaron dos evaluaciones en cada variedad de forraje (maíz y cebada): a un grupo se le proporciona agua de efluente del cultivo de tilapias (CNH) y al otro tratamiento no (SNH).

Posterior a la germinación, las lechugas pasaron al sistema NTF y los forrajes verdes a bandejas plásticas de 0,60 x 0,40 m, estas últimas se ubicaron debajo del sistema NTF donde recibieron los efluentes provenientes del cultivo de tilapia.



En este caso, las evaluaciones se centraron en porcentaje (%) de sobrevivencia de plantas por metro cuadrado (m^2), biomasa radicular y foliar, longitud de raíz, y la biomasa final por metro cuadrado (m^2).

Se trabajó con dos variedades de lechuga crespita roja y mantecosa, y en los vegetales se trabajó dos densidades y dos tratamientos, a un grupo se le cultivo con agua de los efluentes del cultivo de tilapia y a otro grupo solo con agua de riego y tres replicas en cada caso.

Así mismo, se emplearon cuyes (*Cavia porcellus*) de la línea Perú de 45 días de nacidos, los que fueron colocados en jaulas de $1 m^2$, en una proporción de 1 macho y 4 hembras, en donde se evaluó el efecto de los forrajes verdes sobre crecimiento de estos (rendimiento en carne). La tasa de alimentación fue del 30% de la biomasa.

Diariamente se evaluó la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, conductividad y una vez por semana la alcalinidad, turbidez, amoníaco, nitritos, nitratos y fosfatos, empleándose equipos digitales (YSI modelo 85) y kits La Motte.

Para trasladar el agua de los estanques de las tilapias hacia el cultivo de los vegetales, el alumbrado y empleo de diversos equipos electrónicos, se realizó a través de un equipo mixto de paneles solares (150 watt) y aerogenerador eólico (1000 Watt), los primeros trabajan de manera automática y/o inteligente (SMART) y los últimos manualmente.

Resultados y discusión

Parámetros ambientales

Las experiencias han tenido una duración de 185 días. La temperatura del agua varió de $17,2$ a $30,4^{\circ}C$, con un promedio de $23,18 \pm 1,17^{\circ}C$; los valores de oxígeno se encontraron entre $0,85$ a $9,33 mgL^{-1}$ con media de $5,65 \pm 1,62 mgL^{-1}$ y el pH se mantuvo entre $6,7$ y $9,3$ con una media de $8,6 \pm 1,26$. Los valores del pH disminuyeron a $6,6$ al pasar por los filtros debido a que estos tenían una capa de carbonato de calcio proveniente de conchuela molida; con respecto al amplio rango de pH en los peces de cultivo esto se debería a que conforme los peces van creciendo se incrementa la alimentación y por ende las excretas, esto último es muy favorable dado que actúan como fertilizantes y por ende permiten el crecimiento de las lechugas, el maíz y la cebada. Por otro lado, los valores de pH se encuentran dentro del rango ideal para el cultivo de estos vegetales según lo reportado por otros autores (Cortez *et al.* 2009; Cortez *et al.*, 2009; Baixauli y Aguilar, 2002; Martínez, 1997; Castellane y Araújo, 1995 y Furlani, 1995). La conductividad eléctrica mostró una variación de $1,7$ a $2,8 mS.cm^{-1}$, los cuales se encuentran dentro de los rangos permisibles y que no son fitotóxicos (Baixauli y Aguilar, 2002).



Tilapia Producción

Con respecto a la producción de tilapia, el peso inicial fue de $0,26 \pm 0,08$ g y al final del cultivo se logró un peso promedio de $302,0 \pm 40,6$ g y una tasa de crecimiento de $1,63$ g/día/pez; la densidad inicial fue de 0.00256 kg.m⁻³ y al final de $3,04$ kg.m⁻³, con una biomasa de cosecha de 2.067 kg. La tasa de conversión alimenticia fue de 1.42 (Tabla 1) y la tasa de supervivencia fue del 83% . Las tasas de crecimiento son menores a las obtenidas por Rakocy *et al.*, (2004) y Brown (2001); en contraste a Shnel *et al.*, (2002) quien reporta tasas de conversión alimenticia de 2.03 , una tasa de crecimiento de 1.42 g y una mortalidad del 5% . Por otro lado el crecimiento de los peces se vio limitado por efecto de la temperatura dado que en primavera-verano esta suele mayor a los 25 °C y en invierno- otoño esta disminuyen hasta a 17 °C. La producción podría haber sido mayor si es que el cultivo se llevara a un mayor tiempo y por ende se obtendrían mayores pesos, pero el mercado de la zona requiere peces tamaño “plato” (200 a 300 gr) dado que los consumen enteros, y podrían obtenerse dos cosecha/año (4.000 kg/estanque).

Tabla 1. Parámetros productivos del cultivo de tilapia

| Tilapias Sembradas | 8,250 |
|------------------------------|---------|
| Área Estanque (m³) | 825 |
| Densidad Inicial (peces/m³) | 10 |
| Densidad Final (peces/m³) | 8 |
| Número animales cosecha | 6,843 |
| Peso Inicial (g/m³) | 2.56 |
| Peso Final (g/m³) | 2,505 |
| Peso Inicial (g/pez) | 0.26 |
| Peso Final (g/pez) | 302.0 |
| Tasa crecimiento día (g/pez) | 1.63 |
| Biomasa Inicial (Kg) | 2.11 |
| Biomasa Final (Kg) | 2,067 |
| Incremento de Biomasa (Kg) | 2,064 |
| Ganancia peso (Kg)/día | 11.17 |
| Duración del cultivo (Días) | 185 |
| Kg/m³ Inicial | 0.00256 |
| Kg/m³ Final | 3.036 |
| Alimento suministrado (Kg) | 2,938 |
| TCA | 1.42 |



Producción de vegetales

Cebada: se obtuvo al cuarto día de sembrado el 80% de germinación; el peso inicial de siembra fue de $1,25 \text{ kg.m}^{-2}$ y al cabo de 15 días de cultivo se logró obtener un promedio $5,23 \text{ kg.m}^{-2}$. La tasa de crecimiento en longitud fue de $7,11 \pm 1,01 \text{ mm.día}^{-1}$ y $50,30 \pm 3,08 \text{ g.día}^{-1}$.

Con respecto a las densidades 1 (D_1) y 2 (D_2) y con nutrientes (CNH) y sin nutrientes (SNH), para los 90 días de cultivo presentaron un incremento significativo ($p < 0,05$) para todos los tratamientos. El peso (g) y talla (mm), promedio, fue superior para las plantas de cebada cultivada a D_2 CNH (Tabla 2). Y, los menores valores promedio ($p < 0,05$) de peso (g) y talla (mm) se encontraron para el cultivo a D_1 y SNH, en comparación con el resto de tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Peso (g) y talla (mm) de cebada cultivada en sistema acuapónico a dos densidades, y con (CNH) y sin (SNH) solución nutrientes ($n = 192$; $X \pm DE$).

| Tratamiento | Peso (g) | Talla (mm) |
|-------------|---------------------|--------------------|
| D1CNH | 1253,00 \pm 6,08 | 188,33 \pm 16,07 |
| D1SNH | 1206,67 \pm 75,72 | 165,00 \pm 5,00 |
| D2CNH | 1280,00 \pm 67,64 | 191,67 \pm 7,64 |
| D2SNH | 1281,00 \pm 35,92 | 171,67 \pm 7,64 |

Maíz: se obtuvo al cuarto día de sembrado un 75% de germinación; el peso inicial de siembra correspondió a $1,25 \text{ kg.m}^{-2}$ y a los 15 días se obtuvo $4,06 \text{ kg.m}^{-2}$ y una tasa de crecimiento de $6,78 \pm 0,66 \text{ mm.día}^{-1}$ y $35,44 \pm 1,19 \text{ g.día}^{-1}$.

A dos densidades 1 (D_1) y 2 (D_2) y con nutrientes (CNH) y sin nutrientes (SNH), para los 90 días de cultivo mostraron un incremento significativo ($p < 0,05$) para peso (g) y talla (mm) en todos los tratamientos. El peso (g) y talla (mm) promedio, fue significativamente mayor ($p < 0,05$) para las plantas de maíz cultivada a D_2 CNH (Tabla 3). Los menores valores promedio ($p < 0,05$) de peso (g) se presentaron en plantas cultivadas a D_1 SNH, y para la talla (mm) en maíz cultivado a D_1 CNH (Tabla 3).

Tabla 3. Peso (g) y talla (mm) de maíz cultivado en sistema acuapónico a dos densidades, y con (CSH) y sin (SSH) solución hidropónica. ($n = 192$; $X \pm DE$)

| Tratamiento | Peso (g) | Talla (mm) |
|-------------|---------------------------|--------------------|
| D1CNH | 967,33 \pm 21,94 | 158,33 \pm 2,89 |
| D1SNH | 936,67 \pm 10,41 | 173,33 \pm 18,93 |
| D2CNH | 1021 \pm 00 \pm 32,91 | 178,33 \pm 10,41 |
| D2SNH | 968,67 \pm 9,02 | 171,67 \pm 10,41 |



Los porcentajes de germinación en ambos cereales fueron superiores al valor mínimo recomendado para que la producción sea rentable (70%) (Gallardo *et al.*, 2014); ambos vegetales son considerados como cereales, de alta digestibilidad y ricos en nutrientes que sirvieron de alimento a los cuyes que se tenían en crianza. Desde la siembra hasta la cosecha se tiene un periodo de 15 a 16 días de cultivo, lo cual indica que se puede realizar cultivos seriados, de tal forma que todos los días se puede estar cosechando y suministrándole como alimento a los cuyes; por otro lado el hecho de que se obtengan mayores producciones a mayor densidad optimiza la producción de estos, cabe indicar que resulta más práctico para la zona de Calango el emplear el maíz ya que este se encuentra más disponible y los costos son menores, con respecto a la cebada.

Lechugas: El periodo de cultivo tuvo una duración de 104 días; se obtuvo entre el 75 y 99% de germinado al cuarto y séptimo día, respectivamente.

Los resultados para el cultivo de lechuga tipo luana, cultivadas a densidad 1 (D_1) y 2 (D_2) y con nutrientes (CNH), presentaron mayores valores promedio ($p < 0,05$) de longitud foliar (mm), crecimiento radicular (mm), peso húmedo (g), peso seco (g), peso seco de hojas (g), peso seco de tallo (g) y peso seco de raíz (g) (Tabla 4), en comparación con las cultivadas sin nutrientes (SNH). Además, las lechugas cultivadas a D_2 CNH mostraron valores superiores ($p < 0,05$) en todos los tratamientos para las características evaluadas (Tabla 4). Para los 90 ó 104 días de cultivo se observó un incremento significativo ($p < 0,05$) para todos los tratamientos.

Los vegetales de los tratamientos que emplearon los efluentes del cultivo de tilapia, presentaron mejores crecimientos e incrementos de biomasa, dado que absorbieron y aprovecharon mejor el fósforo y el nitrógeno, estos se redujeron considerablemente cuando se encontraron en el sistema NTF; el amonio, nitrito y el nitrato se redujo en un 70 a 90% y los fosfatos entre 60 a 70%, según Rakocy *et al.*, 2006 esto podría deberse al crecimiento denso de las raíces y que van a tener una mayor eficiencia en la absorción de los nutrientes. La mayoría de estudios en donde se integra el cultivo de peces con vegetales, muestran resultados similares, en donde el agua en la cual se cultivan los peces puede suministrar cantidades adecuadas de la mayoría de nutrientes para las plantas a excepción del potasio y el magnesio, los cuales se tienen que suplementar en el cultivo de los vegetales (Gallardo *et al.*, 2014).



Tabla 4. Longitud foliar (mm), crecimiento radicular (mm), peso húmedo (g), peso seco (g), peso seco de hojas (g), peso seco de tallo (g), peso seco de raíz (g), de lechuga tipo Luana, cultivadas en sistema acuapónico (NTF) a densidades y con (CNH) y sin (SNH) nutrientes (n=552; X±DE).

| Tratamiento | Longitud foliar (mm) | Crecimiento radicular (mm) | Peso húmedo (g) | Peso seco (g) | Peso seco de hojas (g) | Peso seco de tallo (g) | Peso seco raíz (g) |
|-------------|----------------------|----------------------------|-----------------|---------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| D1CNH | 154,00±38,51 | 147,00±50,32 | 56,00±1,73 | 9,47±3,76 | 5,97±2,43 | 2,30±0,63 | 1,45±0,62 |
| D1SNH | 80,33±15,37 | 56,67±5,77 | 1,40±0,56 | 0,45±0,22 | 0,26±0,13 | 0,07±0,03 | 0,12±0,08 |
| D2CNH | 186,67±10,41 | 165,67±34,00 | 59,33±4,72 | 12,59±1,31 | 8,86±1,31 | 1,99±0,08 | 1,74±0,12 |
| D2SNH | 76,33±22,59 | 60,33±13,28 | 1,40±0,20 | 0,43±0,07 | 0,27±0,10 | 0,06±0,02 | 0,13±0,02 |

Cuyes: Los cuyes alimentados con una mezcla de maíz y cebada (dieta 1) presentaron tasas de crecimiento 191,11 gramos/mes; y aquellos a los que solo se les proporciono cebada o maíz (dieta 2) 75,9 g/mes. El rendimiento de carcasa obtenido fue de 65% con pesos a la edad de sacrificio de 600 g y de carcasa 390 g.

En relación al tipo de alimentación (dieta 1 y dieta 2), se observaron diferencias en el peso vivo final y en la ganancia de peso diaria (Tabla 5).

Tabla 5. Comportamiento productivo *Cavia porcellus* “cuyes” alimentados con dos tipos de dietas por un periodo de tres meses.

| Tratamiento | Peso inicial | Peso final | Ganancia peso | |
|-------------|--------------|------------|---------------|-------|
| | g | g | g/mes | g/día |
| I | 84 | 600 | 191,1 | 6,37 |
| II | 74 | 304 | 85,2 | 2,84 |

Nuestros resultados difieren a los obtenidos por Camino e Hidalgo (2014), Morales (2011) y Villafranca (2003), quienes obtuvieron tasas de crecimiento más altas cuando alimentaron a los cuyes con alimento concentrado (13 g/día); pero son similares a los obtenidos por Miranda (2014) quien trabajo con forraje verde hidropónico de cebada (5,5 y 7,9 g/día).

Algunos aspectos económicos

Con respecto a tilapia se puede obtener dos cosechas por año y el kilo se puede ofertar a S/.10, 00 (US\$ 3,45); las lechugas se pueden obtener tres cosechas por año y cada una se puede comercializar en S/ 2,00 (US\$. 0,69) y los cuyes vivos en S/. 15,00 (US\$ 5,17). En las diferentes etapas del proceso de cultivo o crianza se pueden obtener ingresos económicos (Tabla 6); realizando algunas



proyecciones económicas a precios de mercado actual, se puede decir que por metro cuadro se logra obtener ingresos de S/.125 nuevos soles (US\$ 43, 10).

Tabla 6. Precio de venta por producto y área de crianza o cultivo.

| Especie | Ejemplares/m ² | kilos/unidades/m ² | Costo Unitario S/. | Ingresos S/. | Ingresos US\$/m ² | Actividades |
|--------------|---------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|------------------------------|-----------------------|
| Tilapia | 10 | 2.4 | 10 | 24.00 | 8.28 | 2 cosechas/año |
| Cuyes | 5 | 5 | 15 | 75.00 | 25.86 | Todos los meses |
| Lechugas | 13 | 13 | 2 | 26.00 | 8.97 | Tres cosechas por año |
| TOTAL | | | | 125.00 | 43.10 | |

Conclusiones

El análisis de los resultados nos permite afirmar que el uso de un sistema de acuaponía, podría ser empleado en zonas rurales del Perú, dado que a partir del reciclaje de los efluentes del cultivo de tilapia, se obtienen diferentes niveles productivos e ingresos económicos: tilapia, lechugas y cuyes. Así mismo cabe destacar que aquellos vegetales en los se empleó como fuente de fertilización los efluentes, presentaron las mejores tasas de crecimiento (lechugas, cebada y maíz); y permitieron mejores rendimientos en carcasa en los cuyes que se alimentaron con los forrajes verdes acuapónicos (maíz y cebada).

El uso de este sistema integrado ha permitido obtener tres productos de consumo humano directo: la tilapia, lechugas y cuyes; y un tercer producto para consumo animal: forraje verde, por lo que la acuaponía es una actividad sostenible y puede aplicarse en regiones costeras del Perú.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, al Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Científica del Sur por el apoyo económico para realizar la presente investigación. En especial, se reconoce la colaboración de la Ing. Jacqueline Palacios León por sus valiosos comentarios y sugerencias para mejorar el presente manuscrito.

Referencias

Generalitat Valenciana, Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación, Valencia. 110 p.
 Brown, C.L.; Bolívar, R.B.; Szyper, J.P. 2001. Reduction of feed rations below satiation levels in tilapia pond production, pages 21-23 in: K. McElwee, K. Lewis, M. Nidiffer and P. Buitrago (editors), Nineteenth Annual Technical Report, Pond

- Dynamics Aquaculture Collaborative Research Support Program, Oregon State University, Corvallis, USA.
- Camino M.J. y Hidalgo L.V. Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. *Rev Inv Vet Perú*; 25(2): 190-197.
- Castellane, P.D.; Araújo, J. A. C. 1995. Cultivo sem solo – hidroponia. 3. ed. Jaboticabal: FUNEP, 43 p.
- Chopin T, Buschmann AH, Halling C, Troell M, Kautsky N, Neori A, Kraemer GP, Zertuche-González JA, Yarish C and Neefus C. 2001. Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *Journal of Phycology* 37: 975-986 pp.
- Cortez G.E.P., Jairo A. C. De Araújo J.A.C, Bellingeri P.A. & Dalri B.A. 2009. Qualidade química da água residual da criação de peixes para cultivo de alface em hidroponia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* v.13, n.4, p.494-498.
- Costa-Pierce, B.A. 2002. Ecology as the paradigm for the future of aquaculture. In: Costa-Pierce, B.A. (Ed.), *Ecology Aquaculture – The Evolution of the Blue Revolution*. Blackwell Science; 339-372.
- Devendra, C. & Smallholder D. T. 2002. Farming systems in Asia. *Agricultural systems*: 71, 17-25.
- Edwards, P., Little, D.C., and Demaine, H. 2002. Issues in rural aquaculture. In: Edwards, P., Little, D.C., Demaine, H. (Eds.), *Rural Aquaculture*. CABI Publishing; 323-340 p.
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. Roma. 253 pp.
- Furlani, P. R. 1995. Cultivo de alface pela técnica de hidroponia. Cam- pinas: Instituto Agronômico. 20 p. Documentos IAC, 55.
- Gallardo C. A., Martha P. Hernández V.M.P, Pérez R.C.I, Ramírez G. S. 2014. Biculture tilapia/crayfish in aquaponic system Biculture of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and crayfish (*Procambarus acanthophorus*) and production of green corn fodder (*Zea mays*) in an aquaponic system. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* (ISSN: 2315-5094) Vol. 3(8) pp. 233-244.
- IIRR e ICLARM 1992. Farmer proven integrated agriculture-aquaculture: a technology information kit. International Institute of Rural Reconstruction, Silang, Cavite, Philippines, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Makati, Philippines, 1992; 183 p.
- IIRR, FAO, y WFC. 2004. Agro acuicultura integrada. Manual básico. Documento Técnico de Pesca. Roma, Italia; 163 pp.
- Little, D. C and Muir, J. 1987. A guide to integrated warm water aquaculture. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling, UK.
- Martínez, H. E. P. 1997. Formulação de soluções nutritivas para cultivos hidropônicos comerciais. Jaboticabal: FUNEP, 31 pp.
- Miranda A. C. 2014. Efecto del suministro de nutrientes en la producción de forraje hidropónico de cebada (*Hordeum vulgare*) y su utilización en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento-engorde. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad Privada Antenor Orrego. 40 pp.
- Morales M.A, Carcelén C.F, Ara G.A., Arbaiza F.T., Chauca F.L. 2011. Evaluación de dos niveles de energía en el comportamiento productivo de cuyes (*Cavia porcellus*) de la raza Perú. *Rev Inv Vet Perú* 22 (3):177-182.



- Neori A, Chopin T, Troell M, Buschmann AH, Kraemer GP, Halling C, Shpigel M and Yarish C. 2004. Integrated aquaculture: rationale, evolution and state of the art emphasizing seaweed biofiltration in modern mariculture. *Aquaculture*; 231: 361-391 pp.
- Poot-López G.R., Gasca L. E & Olvera N. M. 2012. Producción de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* L.) utilizando hojas de chaya (*Cnidioscolus chayamansa* McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 40(4): 835-846.
- Prein M. 2002. Integration of aquaculture into crop-animal systems in Asia. *Agricultural Systems*. 71 (127-146).
- Rakocy J.E, Masser M. P, Losordo T.M 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center. Publication 454. 16 pp.
- Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Schultz, C. y Thoman, E.S. 2004. Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Manila, Philippines; 676 - 690 p.
- Ranka J.A.G. 2009. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246:147-156.
- Ridler N, Wowchuk M, Robinson B, Barrington K, Chopin T, Robinson S, Page F, Reid G and Haya K. 2007. Integrated multi-trophic aquaculture (IMTA): a potential strategic choice for farmers. *Aquaculture Economics & Management*; 11: 99-110 pp.
- Shnel N., Barak Y., Ezer T., Dafni Z., Rijn J. 2002. Design and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system. *Aquacultural Engineering* 26:191-203.
- Tournay B. IMTA: template for production? *Fish Farming International*, Vol. 33, No. 5, May 2006, 27 p.
- Troell M, Halling C, Neori A, Chopin T, Buschmann AH, Kautsky N and Yarish C. 2003. Integrated mariculture: asking the right questions. *Aquaculture*; 226: 69-90 pp.
- Villafranca M. 2003. Evaluación de tres niveles de fibra en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus*) en crecimiento y engorde. Tesis de Ing. Zootecnista. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. 90 pp.





Programa piloto de formación en piscicultura continental dirigido a pequeños y medianos productores del Municipio Ibarra, Provincia de Imbabura, Ecuador

Poleo G. A.¹, Caicedo F.², Castro F.³

¹ Investigador Prometeo, Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

² Universidad Técnica del Norte, Av. 17 de julio 5-21 y José María Córdova, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

³ Municipalidad de Ibarra, García Moreno 6-31 y Bolívar, Ibarra, Imbabura, Ecuador.

E-mail: gpoleo@ucla.edu.ve

Resumen

La Zona de Planificación 1 presenta altos índices de pobreza como también bajos índices de productividad. Según el plan del buen vivir, esta situación debe cambiar gradualmente utilizando planes de desarrollo que ayuden a: 1) Superar las brechas de pobreza; 2) Involucrar a las Universidades en la adaptación y utilización de tecnología; 3) fomentar actividades de producción y servicios con encadenamientos productivos; 4) Impulsar la soberanía alimentaria e 5) Impulsar la generación de empleo en actividades vinculadas con la soberanía alimentaria. Una actividad productiva que puede abarcar todos estos lineamientos, es la acuicultura. El programa de becas Prometeo dirigido por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, junto con La Municipalidad de Ibarra y La Universidad Técnica del Norte, se encuentran ejecutando un programa piloto dirigido a la formación de pequeños y medianos productores en las comunidades de Cochapamba, Lita y Yahuarcocha. El objetivo de este programa es aumentar los niveles de producción de pescado en las zonas mencionadas y de esta manera mejorar los ingresos económicos, los niveles nutricionales y por ende la calidad de vida de los participantes. El proyecto se basa en la capacitación y acompañamiento sistemático a los productores, con la idea de lograr una actividad sostenible y sustentable. Hasta la fecha se ha realizado el estudio socioeconómico de los participantes, se han dictado talleres teórico-prácticos y también se ha dado asistencia técnica. El



diagnóstico inicial mostró que el 33% de los participantes fueron mujeres, el 67% vive con menos de 301 dólares al mes y el 71% tiene solo educación primaria. Con respecto a la tenencia de tierra, se observó que el 76 % poseen sus propias tierras, aspecto importante cuando se quiere mejorar la calidad de vida mediante una actividad acuícola. El 23,5% de los participantes, han tenido alguna experiencia piscícola con la Tilapia, pero con muy baja productividad y ningún asesoramiento técnico calificado. La información recabada y las actividades realizadas sugieren que existen posibilidades de mejorar y ampliar la producción de pescado y con esto mejorar las condiciones de vida de los participantes en el proyecto.

Palabras clave

Tilapia, trucha arcoíris, capacitación técnica, desarrollo rural.

Introducción

Las características geográficas, climáticas e hídricas de la a Zona de planificación 1 en el Ecuador (Provincias de Esmeraldas, Carchi, Imbabura y Sucumbíos), la hacen ser una zona con un gran potencial para la producción acuícola de diferentes especies (camarón, carpa, tilapia, trucha) en diferentes sistemas de producción como lagunas, jaulas, raceways y sistemas intensivos, sin embargo, la clave para el éxito de cualquier actividad productiva es la capacitación o formación de los productores y del personal técnico de las instituciones relacionadas con la acuicultura. A través del proyecto Prometeo auspiciado por la Secretaria de Educación Superior de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) del Ecuador y la Universidad Técnica del Norte, se elaboró un programa de capacitación y acompañamiento técnico dirigido a pequeños y medianos productores de la provincia de Imbabura. El objetivo del programa es mejorar los sistemas de producción acuícolas y de esta manera aumentar la producción de pescado en la provincia.

Materiales y métodos

El programa de capacitación y acompañamiento técnico descrito en este trabajo, se comenzó a realizar durante el mes de agosto de 2014 y se focalizó en los sector de Manzano de Guaranguí, Preparroquia Cochapamba, a unos 2.700 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m) y en zonas de la cuenca del río Mira, específicamente en las poblaciones de Lita, Cachaco, Getsemaní y Río Verde Medio, con alturas sobre el nivel del mar que van desde los 600 a los 800 m.

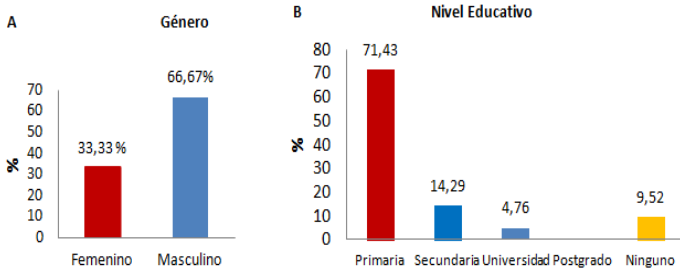


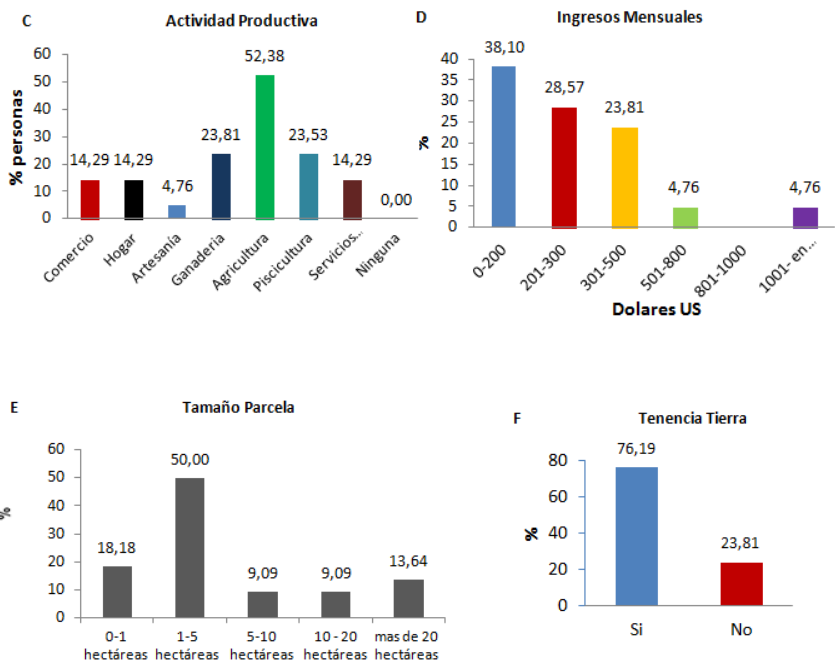
Se realizaron encuestas y entrevistas para conocer el perfil socioeconómico de los participantes, en donde se determinó el género, el nivel educativo, el ingreso económico mensual como también tenencia de tierras y la extensión de estas.

Se realizaron capacitaciones técnicas, tanto teóricas como prácticas, en las cuales se instruyó a los participantes en la importancia de la calidad de agua, plagas y enfermedades tanto en los cultivos de trucha como en tilapias, diseño y construcción de recintos para la producción piscícola y reproducción en tilapia y truchas.

Resultados

En la provincia de Imbabura, la altitud sobre el nivel del mar determina la especie de pez que se puede cultivar, los niveles van desde los 600 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) hasta los 4.994 en la cumbre del volcán Cotacachi. La especie que tradicionalmente se han cultivado en la provincia son la tilapia (hibrida roja y nilótica) y la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). El cultivo de la tilapia se efectúa de forma artesanal y en un 90% se puede considerar un cultivo de subsistencia con muy poca capacitación técnica lo que lleva a pobres rendimientos. Durante la ejecución del proyecto se observó presencia del cultivo de tilapias en pisos altitudinales que iban desde los 600 a los 2.000 m.s.n.m., con rendimientos muy variables, afectados principalmente por la temperatura del agua. Con respecto al cultivo de trucha, este se realiza de forma más técnica e intensiva, utilizando principalmente “raceways” o sistemas de flujo continuo en tanques de concreto o de fondo de arcilla. Con respecto a los índices sociales, educativos y económicos encontrados (Figura 1 A-F), pudimos observar que de los participantes en el proyecto predominaban los del género masculino con un 67%, del total, el 71% había cursado primaria y un 14% secundaria y el 90% vive con menos de 500 dólares norteamericanos al mes. La actividad predominante ejercida por los participantes es la agricultura (52%) y un 24% también se dedica a la piscicultura. La mayoría (68%) tienen parcelas entre ½ hectárea y 5 hectáreas y el 76% son propietarios de sus tierras.





En los 5 meses del proyecto se han impartido 12 talleres de capacitación a los cuales han asistido unas 300 personas.

Discusión

La provincia de Imbabura debido a su geografía diversa (diversos pisos altitudinales) y a sus recursos hídricos, tiene potencial para aumentar la producción de pescado tanto de zonas templadas (truchas) como de zonas calientes (tilapia), sin embargo, el mayor desafío se encuentra en la capacitación a los productores. El cultivo de la tilapia se hace de manera empírica con muy pocos conocimientos de su biología y manejo, lo que resulta en bajos rendimientos. Entre los problemas observados en el manejo del cultivo de la tilapia encontramos: no utilización de las técnicas de cultivos monosexos, cultivo en temperaturas por debajo de las temperaturas óptimas para la tilapia, desconocimiento de la importancia de manejar los parámetros de calidad de agua y de la alimentación. La capacitación y el seguimiento sistemáticos de los participantes en el proyecto, ha podido logra que los productores tengan el conocimiento necesario que los ayude a tener un manejo más eficiente de sus sistemas de producción piscícola, sin embargo, debido al corto tiempo del



programa (5 meses), a la fecha de escritura de este trabajo, no se pudo observar si el adiestramiento tuvo efectos en la productividad. Por otro lado, el manejo de la trucha tiene un nivel técnico mayor que el aplicado a la tilapia y se cultiva en sistemas intensivos ($>15 \text{ kg/m}^3$) con flujo continuo en tanques de concreto o tanques de arcilla. Sin embargo, el conocimiento sobre la biología de la trucha y la calidad de agua fueron escasos, los productores trabajan de manera intuitiva, lo que frecuentemente les hace tomar decisiones equivocadas resultando en bajo rendimiento o grandes mortalidades.

El perfil socioeconómico obtenido permitió saber el grado de instrucción formal, lo que fue requerido para el desarrollo del plan de capacitación. Aunque la mayoría de los participantes fueron hombres, hubo una participación importante de la mujer (33%), la cual puede aumentar considerablemente debido a que la característica de la actividad piscícola se presta a ser una actividad familiar. Según la FAO (Estado mundial de la pesca y acuicultura) cerca del 27% de las personas involucradas en la pesquería y la acuicultura son mujeres (FAO 2014). En el grupo de participantes, la incorporación de la actividad piscícola o la mejora en la productividad de esta, podría incrementar de manera importante los ingresos económicos de los participantes los cuales en su mayoría (66,6%) están por debajo del sueldo mínimo en la República del Ecuador (340 dólares Americanos). Un dato importante es que el 76,2% de los participantes son propietarios de sus tierras. Según la FAO, el acceso a la tierra es el determinante fundamental de las posibilidades de obtener ingresos en el medio rural de los países en desarrollo y en transición. Los productores que no son propietarios de las tierras serán renuentes a invertir para mejorar la productividad y tendrán dificultades en obtener financiamiento para esas mejoras y para los insumos anuales (FAO 2004).

A través de las visitas y acompañamientos a los productores, se ha observado que el conocimiento adquirido en los talleres ha sido internalizado y ya está siendo aplicado por algunos de los productores asistidos.

Conclusiones

La provincia de Imbabura gracias a sus recursos naturales tiene potencial para aumentar la producción de pescado.

La actividad piscícola actual en la provincia de Imbabura es principalmente artesanal con manejo empírico de los cultivos lo que afecta la productividad.

Las características educativas y socioeconómicas de los participantes en el proyecto.

La capacitación es una herramienta importante para mejorar la productividad y la calidad de vida de los productores.

La piscicultura puede ser utilizada como una herramienta para el desarrollo socioeconómico y cultural de las poblaciones rurales.



Agradecimientos

El presente trabajo fue patrocinado por el Proyecto Prometeo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador.

Referencias

- FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. Rome. 223 pp.
FAO. 2004. Política de desarrollo agrícola. Conceptos y principio. Roma.591pp.



Mortandad de peces en el Lago Titicaca dado efecto de remoción ecosistémica generado por condiciones meteorológicas, Puno-Perú. Reporte de caso

George Argota Pérez¹, Edmundo Moreno Terrazas², René Alfaro Tapia², Gilmar Gouzueta Camacho², Edwin Boza Condorena³, Sabino Atencio Limachi², Martín Choque Yucra⁴

¹Dirección General. Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWI". Puno - Perú.

²Facultad de Biología. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.

³Facultad de Ingeniería Química. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.

⁴Mega-Laboratorio. Universidad Nacional del Altiplano. Puno - Perú.

E-mail: george.argota@gmail.com

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar mortandad de peces en el Lago Titicaca generado por condiciones meteorológicas en Puno, Perú. El estudio se realizó en marzo del 2013, donde la zona de análisis correspondió al área de Chimu. El muestreo realizado correspondió al tipo probabilístico aleatorio, mientras que el método cuantitativo de investigación fue empírico tanto de observación como medición. Se determinó a diferentes niveles de profundidad, parámetros físico-químicos de calidad ambiental del agua. En las especies *Orestias agassii* "carachi gris", *Orestias luteus* "carachi amarillo", *Odontesthes bonariensis* "pejerrey" *Trichomycterus dispar* "mauri", fueron realizados análisis histopatológicos en branquias. Asimismo se interpretó, según lo registrado por la estación meteorológica ubicada en las Islas Flotantes de los Uros, diversas variables meteorológicas. Para el análisis estadístico de los datos fue aplicado un ANOVA, siendo significativo los resultados al 95% de nivel de confianza. Se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las biomásas por especies muertas. Fue observado en branquias varios daños, así como presencia de parásitos *Trichodina* sp. Los parámetros físico-químicos de mayor significación correspondieron a la temperatura del agua, oxígeno disuelto y dióxido de carbono, quienes pudieron presentarse con efectos de interacción tanto por adición, potenciación como sinergismo. Fueron reportados la temperatura del aire, los vientos y radiación solar como variables meteorológicas



con series significativas de comportamientos diferentes dado sus registros históricos. Se concluyó que el comportamiento de las variables meteorológicas registradas, pudo ocasionar un efecto de remoción ecosistémica sobre la masa de agua, alterando de forma inmediata su equilibrio y generando finalmente, la proliferación de ectoparásitos que provocaron mortandad sucedánea en especies de peces.

Palabras Clave

Mortandad, peces, calidad ambiental del agua, variables meteorológicas, bahía interior, puno-perú.

Introducción

Los grandes lagos de origen natural revisten importancia de tipo ecológico, ya que representan ecosistemas con gran relevancia, debido a que en ellos habitan una biodiversidad tanto de flora como fauna, pudiendo observarse en los mismos especies con estado migratorio (Revenga *et al.*, 2000).

En el caso del Lago Titicaca, éste se encuentra en la zona altiplánica entre Perú y Bolivia a una altitud de 3.810 m.s.n.m.; y un área total de 8,167 km² aproximadamente (Hahmenberger, 2003). Una de las divisiones correspondientes a este lago, es la bahía interior ubicada en la ciudad de Puno, la cual posee 564 km² de área y 30 metros de profundidad (Paredes & Gonfiantini 1999), representando dicha bahía el 2.1% del lago y donde actualmente, presenta considerable grado de contaminación (IMARPE, 2009), siendo de gran preocupación en toda el área circunlacustre tal situación, ya que según el propio IMARPE (2008), menciona que es desarrollada una amplia actividad pesquera.

Las principales especies nativas objetivo de pesca son los conocidos popularmente como carachi e ispi, así como el pejerrey y la trucha, quienes han sido introducidas (IMARPE, 2009). El 95% de las capturas de los peces del lago son para consumo y comercialización en la región Puno y área próxima a Bolivia. El pejerrey por ejemplo, tiene alta demanda en la población altiplánica, mientras el ispi es utilizado aproximadamente en un 90% como alimento para el cultivo de la trucha, siendo este recurso el que sostiene la pesquería pelágica del lago, superando ampliamente al pejerrey en biomasa (IMARPE, 2010).

En cuanto a la biomasa de peces se ha reportado, que una de las pérdidas con mayor interés (trucha), fue ocasionada por la presencia de bacterias que generaron su muerte. González (2013), en un estudio realizado con trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) procedentes del Lago Titicaca en la región de Puno se determinó la enfermedad conocida por flavobacteriosis quien ocasionó una mortalidad aproximadamente del 60%, pudiendo ser debido a la presencia de *Flavobacterium psychrophilum*, conocido como el agente que causa la “enfermedad bacteriana de aguas frías” (BCWD) o enfermedad del pedúnculo. La



lesión macroscópica externa más frecuente observada fue la ulceración semejante a “sellos” de la región dorsal del pez, hemorragia ocular, erosión extensiva de la cola, con pérdida del tejido dérmico, anemia branquial, hipertrofia e hiperplasia. Asimismo se observó, internamente marcada esplenomegalia, hemorragia y zonas pálidas del hígado, inflamación del riñón, del intestino y acumulación de líquido ascítico en el peritoneo.

Por otra parte, fue reportado por Wurtsbaugh & Tapia (1988), que una de las posibles causas de disminución poblacional referente a la biomasa de peces, no solo es debido a la introducción de salmónidos y aterínidos, sino que sucedió una epizootia del parásito *Ichthyophthirius multifiliis* que según estimaciones en 1981 causó la muerte de 18 toneladas de *Orestias* spp., afectando a siete especies y; en lo particular a individuos adultos de *Orestias agassii* que en ese entonces representaba el 70% del total de la pesca del lago

Sin embargo, reviste gran importancia comprender que en la actualidad los efectos ambientales sobre las poblaciones de peces, es un desafío en la propia dinámica poblacional (Mathieu *et al.* 2000).

Las fluctuaciones que ocurren de forma interanuales en las condiciones oceanográficas, limnográficas y atmosféricas son capaces de ocasionar entre otros factores importantes, variaciones en el reclutamiento sobre la biomasa de poblaciones de peces (Alheit & Bakun 2010).

Finalmente, a consideración según las interpretaciones de algunos informes técnicos presentados de conjunto con literaturas publicadas sobre la limnología del Lago Titicaca y su biología asociada, puede entonces indicarse que las constantes presiones antropogénicas de descargas contaminantes sobre base ya existente de condiciones fluctuantes ambientales, han determinado que la tolerancia al mantenimiento de la supervivencia genética de las especies, solo puede ser posible de forma ya interactuadas; y en consecuencia; podría ser altamente vulnerable dado el comportamiento de eventos en condiciones extremas no históricas.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar mortandad de peces en el Lago Titicaca generado por condiciones meteorológicas en Puno, Perú.

Materiales y métodos

Época de estudio

El estudio se realizó en marzo del 2013, donde la zona de análisis correspondió al área de Chimú, la cual se encuentra próxima a la bahía interior del Lago Titicaca en la ciudad de Puno, Perú (PNUM, 2003).

Población y muestra

De un total aproximado de 2340 Kg de biomasa pérdida según lo reportando por el Laboratorio Continental de Instituto del Mar del Perú con sede en la ciudad de Puno (IMARPE, 2013), fue realizado un muestreo probabilístico aleatorio sobre



las especies más representativas que correspondieron a *Orestias agassii* “carachi gris”, *Orestias luteus* “carachi amarillo”, *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” y *Trichomycterus dispar* “mauri”, respectivamente.

Fueron tomadas muestras de agua a dos niveles de profundidad (50cm y 100cm) para el análisis de parámetros físico-químicos. Asimismo, fue analizado el comportamiento de variables meteorológicas registrado por la Estación Meteorológica ubicada en las Islas Flotantes de los Uros, donde la facilitación de los registros correspondió a IMARPE (2013).

Análisis de variables

Muestras de peces

Se realizó en las especies *Orestias agassii* “carachi gris”, *Orestias luteus* “carachi amarillo”, *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” y *Trichomycterus dispar* “mauri”, análisis de biomasa e histopatología en branquias.

Muestras de agua

Fue determinado *in-situ*, mediante el medidor multiparamétrico Hanna HI 9828, temperatura del agua, oxígeno disuelto, sólidos totales y transparencia; mientras que se consideró como parámetros físico-químicos analizados en condiciones de laboratorio, los determinados por IMARPE (2013), que correspondieron a la demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, fósforo total, aceites y grasas. En el mega-laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno), fue determinado dióxido de carbono orgánico.

Variables meteorológicas

Fueron consideradas la temperatura del aire, vientos y radiación solar, quienes se registraron en Estación Meteorológica de las Islas Flotantes los Uros en Puno.

Análisis de los datos

Para el análisis y comparación de la biomasa en las muestras de peces se utilizó el programa estadístico Statgraphis Plus 5.1 (Copyright 1994 – 2001). La comparación estuvo referida a un ANOVA. Las diferencias fueron consideradas significativas con valor de $p \leq 0.05$.

Resultados

En la tabla 1, puede mostrarse la biomasa y el número de *Orestias agassii* “carachi gris”, *Orestias luteus* “carachi amarillo”, *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” y *Trichomycterus dispar* “mauri”, estimado por mortandad.



Tabla 1. Biomasa y número de ejemplares estimados por mortandad.

| Especie | biomasa (Kg) | Nº |
|---|----------------|----------------|
| <i>Orestias agassii</i> “carachi gris” | 1 226,2 | 65 000 |
| <i>Orestias luteus</i> “carachi amarillo” | 702,0 | 44 000 |
| <i>Odontesthes bonariensis</i> “pejerrey” | 271,4 | 6 500 |
| <i>Trichomycterus dispar</i> “mauri” | 140,4 | 3 900 |
| Total | 2 340,0 | 119 400 |

Fuente: Laboratorio Continental del IMARPE, Puno (2013).

En la tabla 2, puede mostrarse el análisis estadístico de los datos, donde según la prueba de la menor diferencia estadística de Fisher se encontró, variabilidad entre las especies existiendo, diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) dada la pérdida por mortandad.

Tabla 2. Análisis estadístico de los datos.

| | Frecuencia | Media | Grupos homogéneos |
|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| mauri | 36 | 3900.0 | X |
| pejerrey | 36 | 6500.0 | X |
| carachi amarillo | 36 | 44000.0 | X |
| carachi gris | 36 | 65000.0 | X |
| Contraste | Diferencias | +/- Límites | |
| carachi amarillo - carachi gris | *-21000.0 | 0.385882 | |
| carachi amarillo - mauri | *40100.0 | 0.385882 | |
| carachi amarillo - pejerrey | *37500.0 | 0.385882 | |
| carachi gris - mauri | *61100.0 | 0.385882 | |
| carachi gris - pejerrey | *58500.0 | 0.385882 | |
| mauri - pejerrey | *-2600.0 | 0.385882 | |

* indica una diferencia significativa

En la tabla 3, puede mostrarse el rango y valor promedio de *Orestias agassii* “carachi gris”, *Orestias luteus* “carachi amarillo”, *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” y *Trichomycterus dispar* “mauri” por mortandad.



Tabla 3. Rango de tallas y valor promedio por especies (cm).

| Especie | Rango (cm) | Media (cm) |
|---|-------------|------------|
| <i>Orestias agassii</i> “carachi gris” | 7,5 – 16,0 | 10,0 |
| <i>Orestias luteus</i> “carachi amarillo” | 6,5 – 14,5 | 10,4 |
| <i>Odontesthes bonariensis</i> “pejerrey” | 6,5 – 30,5 | 15,1 |
| <i>Trichomycterus dispar</i> “mauri” | 14,0 – 15,5 | 14,8 |

Fuente: Laboratorio Continental del IMARPE, Puno (2013).

En la figura 1, puede mostrarse el daño histopatológico encontrado en branquias de las especies *Orestias agassii* “carachi gris”, *Orestias luteus* “carachi amarillo”, *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” y *Trichomycterus dispar* “mauri” (izquierda) dada la mortandad, donde se pudo observar necrosis del epitelio lamelar, hiperplasia e hipertrofia lamelar pero fusión lamelar (flecha indicada), fue el mayor daño observado. Se observó además, presencia del parásito *Trichodina sp.* en las branquias (derecha).

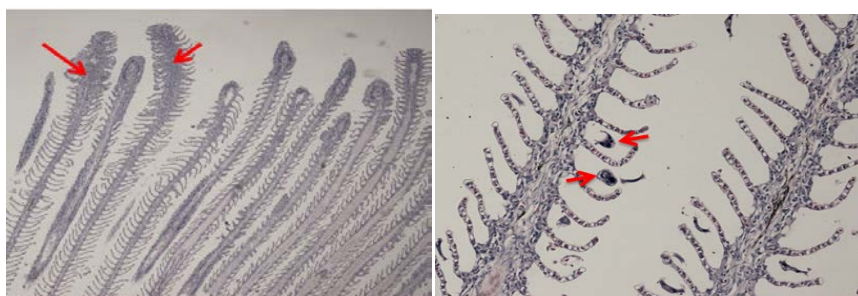


Figura 1. Daños en branquias (4X) y presencia de parásito (20X).
Fuente: Laboratorio Continental del IMARPE, Puno (2013).

En la tabla 4, puede mostrarse los principales parámetros físico-químicos de calidad ambiental de agua que justificaron el mayor peso como la variabilidad dentro del ecosistema bahía interior de Puno durante el muestreo que generó la mortandad de las especies de peces.

Tabla 4. Parámetros físico-químicos de calidad ambiental de agua.

| Parámetros | promedio |
|----------------------|----------|
| temperatura del agua | 17.8 |
| oxígeno disuelto | 0.88 |
| dióxido de carbono | 18.4 |



En la figura 2, puede mostrarse el comportamiento de variables meteorológicas registrado por la Estación Meteorológica de la Isla Flotantes de los Uros en Puno.

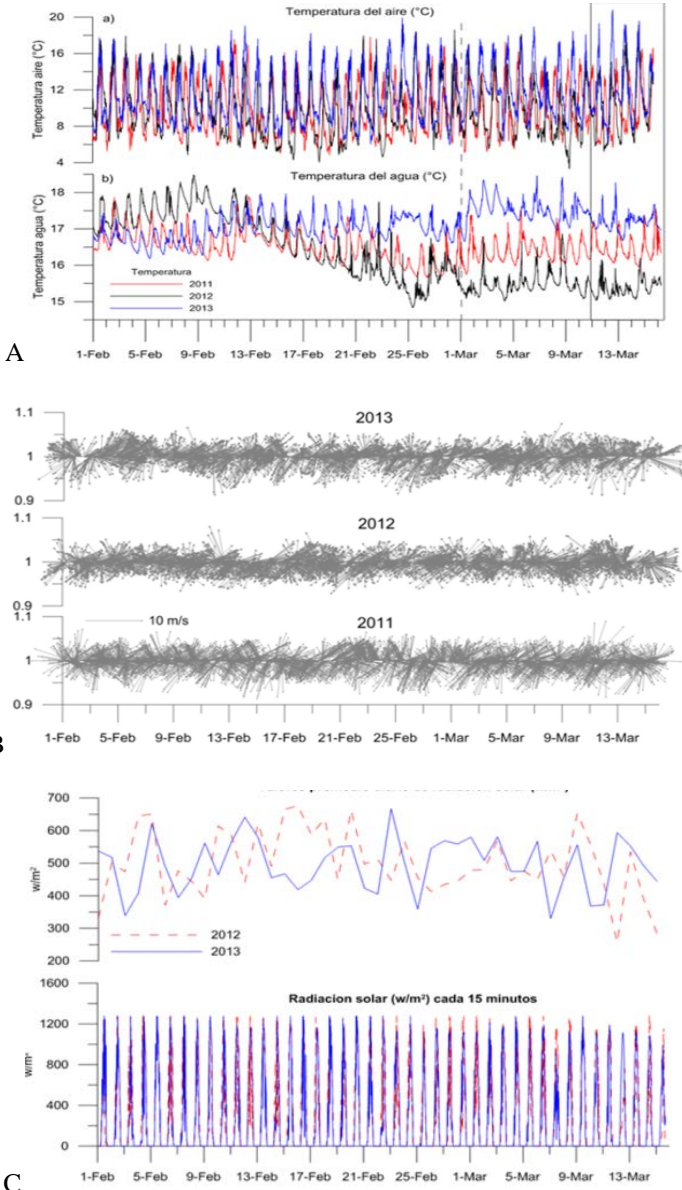


Figura 2. Comportamiento de la temperatura del aire (A), vientos (B) y radiación solar (c).



Discusión

La introducción de especies exóticas como algunos salmónidos y del pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), han cambiado la dinámica poblacional de muchas especies y actualmente se desconoce en gran parte, el alcance de sus impactos (Vila *et al.*, 2007).

Respecto a la propia ictiofauna del Lago Titicaca, el género más representativo es *Orestias* (*Teleósteo*, *Cyprinodontidae*) que a su vez, es el más extendido por los Andes con 45 especies endémicas (Vila *et al.*, 2007).

En este caso estudio sobre la mortandad se reporta que el número de ejemplares perdidos fue significativo (119.400), correspondiendo a una biomasa aproximada de 2340.0. La especie con mayor pérdida fue *Orestias agassii* “carachi gris” y la menor correspondió a *Trichomycterus dispar* “mauri”, existiendo finalmente diferencias estadísticamente significativas entre las cuatro especies.

Entre la especie *Orestias agassii* “carachi gris” y *Orestias luteus* “carachi amarillo”, los individuos observados con mortandad, presentaron similar rango de talla media, así como entre *Odontesthes bonariensis* “pejerrey” y *Trichomycterus dispar* “mauri”.

Dado los resultados anteriores, puede indicarse que el efecto de mortandad ocurrido fue de tal magnitud, que afectó un gran número poblacional, siendo mayormente afectados aquellos ejemplares con tamaño promedio al intervalo de rango señalado y que correspondió a dos de los principales géneros representados según Lauzanne (1992) como son *Orestias* y *Trichomycterus*.

A consideración, las condiciones ambientales tanto de factores bióticos como abióticos sobre los ecosistemas bien definidos pueden ocasionar sin duda alguna, la aparición de enfermedades en las poblaciones como parte del equilibrio ecológico.

Según MD (2000), las enfermedades en organismos acuáticos se dividen en “Enfermedades Certificables”, siendo aquellas de las que actualmente no se dispone de tratamiento alguno para su control y las “Enfermedades Notificables”, en las cuales los patógenos causales de enfermedad son susceptibles de ser controlados mediante la aplicación de algún medicamento o sustancia química para su tratamiento, aunque son causantes de grandes mortalidades y finalmente, las “Enfermedades Comunes” que son muy frecuentes y pueden o no causar problemas. El estado de enfermedad se traduce en los peces por la aparición de anomalías del comportamiento: síntomas y/o de la integridad corporal. Algunas manifestaciones mórbidas son debidas a causas de orden físico, químico o biológico de actuación propia o asociada con el fin de perturbar la fisiología animal.

Soares *et al.*, (2011) como Leung & Bates (2013), mencionan que mundialmente está reconocido entre los mayores impedimentos que frenan el desarrollo de la acuicultura, las enfermedades infecciosas constituyen el principal obstáculo que tiene esta actividad para el logro de una producción sostenida, así como para un



comercio estable y exitoso de sus productos. Son por consiguiente las principales responsables de impedir el desarrollo económico y socioeconómico en muchos países del mundo. Según Nichol *et al.*, (1995), las diversas enfermedades infecciosas que tienen lugar en los peces y que causan las mayores pérdidas a la acuicultura son de las de origen viral. Lo anterior corrobora que son muy limitados los resultados científicos publicados sobre la microbiología de parásitos y menos aún, los reportados en sobre el Lago Titicaca resultando de extrema dificultad tener mayor claridad sobre el comportamiento parasitario sobre las poblaciones de peces.

Durante el suceso de mortandad de peces, pudo observarse secreciones blanco-amarillentas a nivel de los opérculos branquiales de forma abundante, lo cual podría indicar que algún agente del medio provocó tal aparición. Dicha secreción, generalmente es generada cuando ocurren daños agudos en el tejido branquial, pudiendo corroborarse con los estudios histopatológicos. Desde el punto de vista ecotoxicológico, el nivel de estas secreciones puede ser ocasionado por agentes químicos de naturaleza orgánica y bien; quizás como fue el caso por la presencia de agentes patógenos, donde fue diagnosticado posteriormente en las branquias de los ejemplares, el parásito *Trichodina sp.*

De todos los parámetros físico-químicos determinados, la temperatura del agua, oxígeno disuelto y dióxido de carbono, resultaron no solo con valores significativos, sino que al ser parámetros inversamente proporcionales de dependencia se comportaron diferentes a los registros históricos, siendo corroborado los mismos corroborados en la práctica su interpretación de análisis teórica. De forma similar, ocurrió con las variables meteorológicas temperatura del aire, velocidad de los vientos y radiación solar.

Fue significativo que días posteriores al evento se intentó tomar muestras de peces en la zona para realizar otros estudios corroborativos donde no pudo capturarse individuos de ninguna especie, pudiendo indicarse entonces que la reaparición tendría una probabilidad impredecible debido a un posible efecto de repelencia indirecto ecotóxico, cuya fase de latencia o meseta pudiera ser prolongada, dado las condiciones ambientales del área con niveles de cargas contaminante (figura 3).

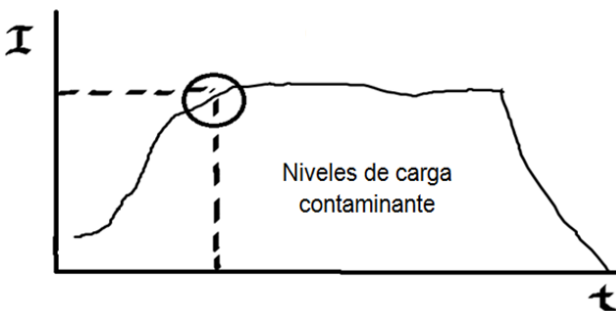


Figura 3. Efecto indirecto de repelencia ecotóxico.



Finalmente se señala que la interpretación sobre la mortandad de peces ocurrida fue iniciada con un comportamiento en el aumento de la radiación solar, lo cual hizo que la temperatura del aire aumentara y dado la velocidad de los vientos, éste influyó sobre la masa de agua de la bahía interior del Lago Titicaca. Sin embargo, debido a que el área de la bahía interior próxima a la zona de Chimú, está perturbada por las descargas desbordantes de la laguna de oxidación y que además es la zona menos profunda hace que la misma, pueda ser una de las más contaminadas, donde las variables meteorológicas al influir sobre ella, determine su alta vulnerabilidad, pudiendo provocar efecto de remoción ecosistémico de tipo local, no reportado con anterioridad para el Lago Titicaca. Todo ello pudo incidir luego sobre los parámetros de calidad físico-químicos de agua, haciendo que ocurriera de forma simultánea, interacción por sinergia, adición o potenciación propiciando, proliferación ectoparásita con órgano diana en las branquias.

Conclusiones

El comportamiento de las variables meteorológicas registradas, pudo ocasionar un efecto de remoción ecosistémica sobre la masa de agua, alterando de forma inmediata su equilibrio y generando finalmente, la proliferación de ectoparásitos que provocaron mortandad sucesiva en especies de peces.

Agradecimientos

Al personal técnico del Laboratorio Continental perteneciente al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) con sede en la ciudad de Puno, en lo especial al Licenciado César Gamarra Peralta, coordinador de dicha entidad. A los pobladores residentes en la zona de Chimú, ciudad de Puno.

Referencias

- Alheit, J., Bakun, A. (2010). Population synchronies within and between ocean basins: apparent teleconnections and implications as to physical-biological linkage mechanisms. *Journal of Marine Systems*. (79): pp 267-285.
- Diagnostic Manual for aquatic animal diseases: MD. (2000). Office International des Epizooties. 3era. ed. Paris-France. 237 pp.
- Gonzales, F.J.G. 2013. Flavobacteriosis en trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), procedentes del Lago Titicaca, Puno-Perú 2009. *The Biologist*, Vol 11(2): pp 205-215.
- Hahnenberger, M. (2003). Summertime precipitation variability and atmospheric circulation over the south American Altiplano: Effects of lake Titicaca and salar de



- Uyuni. Oklahoma Weather Center Research Experiences for Undergraduates Program, Summer. 10 pp.
- Instituto del Mar del Perú: IMARPE. (2008). Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Enero-Diciembre. Vol (8). ISSN 1813-2103. 176 pp.
- Instituto del Mar del Perú: IMARPE (2009). Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Enero-Diciembre. Vol (9). ISSN 1813-2103. 182 pp.
- Instituto del Mar del Perú: IMARPE (2010). Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Enero-Diciembre. Vol (10). ISSN 1813-213. 195 pp.
- Instituto del Mar del Perú: IMARPE (2013). Informe "Mortandad de peces en la Bahía Interior de Puno del Lago Titicaca. NO PUBLICADO. Laboratorio Continental del IMARPE, Puno.
- Leung, T.L.F. & Bates, A.E. (2013). More rapid and severe disease outbreaks for aquaculture at the tropics: implications for food security. *Journal of Applied Ecology*, 50: pp 215-222.
- Mathieu, L., Allison, E., Tinch, R. (2000). Seeking patterns of population variability from Fish catch and stock biomass time series. 36 pp.
- Nichol, S.T.; Rowe, J.E. & Winton, J.R. (1995). Molecular epizootiology and evolution of the glycoprotein and non-virion protein genes of infectious hematopoietic necrosis virus, a fish rhabdovirus. *Virus Research*, 38: pp 159-173.
- Paredes, M.; Goniantini, G. (1999). Lake Titicaca: historical and current studies. *Water and Environment News. International Atomic Energy Agency. Quarterly* (8/9). pp 6-8.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo: PNMD. (2003). CEDEFOA-PELT. La Paz.
- Revenga, C.; Brunner, J.; Henninger, N.; Kassem K.; Payne, R. (2000). Pilot analysis of global ecosystems: Freshwater systems. World Resources Institute, Washington, DC.
- Soares, S.; Green, D.M.; Turnbull, J.F.; Crumlish, M.; Murray, A.G. (2011). A baseline method for benchmarking mortality losses in Atlantic salmon (*Salmo salar*) production. *Aquaculture*, 314: pp 7-12.
- Wurtsbaugh, W.A.; Tapia, R.A. (1988). Mass mortality of fishes in Lake Titicaca (Perú-Bolivia). associated with the protozoan parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Trans. Amer. Fish. Soc.* (117): pp 213-217.





Plan de forestación de camaroneros en proceso de regularización - Balao, Ecuador (2009-2014)

Boris Bohorquez

Fundación CALISUR-alianza camaroneros del litoral del Sur de Ecuador Cantón Balao, Provincia del Guayas, Ecuador.

E-mail: calisuralianza@yahoo.com

Resumen

La forestación de 1.500 hectáreas con Mangle Rojo de zonas de embanques costeras del Canal de Jambelí (Guayas), constituye el trabajo más grande de remediación ambiental y regeneración de ecosistemas de su tipo que se ejecuta en América, liderado por la Fundación CALISUR junto a la Asociación de Cangrejeros de Balao y el respaldo técnico de la empresa AQUAINDESA.

El primer informe técnico-biológico-económico del Proyecto de las primeras 150 Ha. que se informa a continuación, detalla la compensación macro y micro biológica que aportarán estos renovados bosques de mangle rojo, negro, blanco con más de 500.000 nuevos árboles (2 a 6 m altura), con capacidad de captación y retención de más de 150.000 toneladas de carbono.

Gracias a la retención y filtrado de nutrientes que realiza esta franja de manglar se evitará que entren en abundancia y sigan colapsando el equilibrio físico-químico de la calidad de agua de los afluentes de las camaroneras. En términos económicos y como ejemplo, la nueva barrera natural de mangle en el golfo de Jambelí que tiene un rango de influencia para 1.500 hectáreas de piscinas, ofrecerá un rédito a la industria pesquera de más de \$2 millones dólares anuales (cangrejo, corvina, lisas, ostras) y una reducción de pérdidas en la producción del crustáceo por encima de los 1,5 millones de dólares.

Todos los beneficios a la biodiversidad acuática y terrestre, valorados en este estudio, dan un margen de rentabilidad económica ambiental de 25:1; producto de una inversión inicial de \$200.000. Cumplidos los primeros cuatro años, solo el área de mangle plantada representará más de \$4 millones de dólares del Activo Forestal de nuestras Reservas costeras (150 Ha x \$27.000 – Valoración Económica MAE – 2011).

La Fundación CALISUR tiene como compromiso a corto plazo plantar 1.350 hectáreas adicionales de bosque de manglar, de las cuales 850 hectáreas crecen ya en el sitio definitivo y paulatinamente durante los próximos 18 meses se



realizará la siembra de las 500 hectáreas restantes, financiadas por los camaroneros.

Actualmente, se han establecido más de 1.5 millones de plantas de mangle rojo en esta zonas de embanque costero y el objetivo a mediano plazo es conseguir financiamiento para duplicar el alcance del proyecto (más de 3.000 Ha) y cubrir los gastos de mantenimiento de estas 1.500 hectáreas por los próximos cinco años de cultivo en las cinco provincias costeras del país dado que la regeneración natural no está aún fuera de peligro.

La Sub Secretaría de Acuacultura, el Ministerio de Ambiente y la Presidencia de la República, han participado en este proceso mediante la estrategia de Remediación Ambiental establecida por el Decreto 1391 de Regularización del Sector Camaronero desde octubre del 2008. Los organismos de Estado han autorizado y respaldado la aprobación de más de 60 planes de forestación que permitirán la siembra de más 2.5 millones de plantas de mangle rojo.

Introducción

A partir de Octubre del 2007, nace la idea de unir a varios productores camaroneros teniendo como principal objetivo la formación de una FUNDACION que colabore en proyectos estratégicos que mejoren nuestro sector productivo, estimulando la sostenibilidad de nuestra industria en comunión con el mantenimiento de nuestro ecosistema; un grupo de 24 productores lideraron esta iniciativa que fue acogida por la ex Sub Secretaría de Acuacultura – Ab. Marcela Aguiñaga- actual Ministra de Ambiente, y su equipo de trabajo –Biol. Manuel Bravo, Biol. Carlos Villón, etc.- que siempre apoyaron desde el inicio nuestra gestión.

El ecosistema manglar, ancestralmente ha constituido una fuente de producción de múltiples bienes y servicios que son altamente valorados por la sociedad, tanto en la categoría de provisión (alimentos, fibra, agua, recursos genéticos) como de regulación (del clima, calidad del aire, agua, erosión, tratamiento de desechos, prevención de desastres) y cultura (valores espirituales, religiosos, esparcimiento, estéticos). Además de los bienes y servicios que presta a la sociedad en general, la calidad de vida de muchas comunas depende de la explotación de los productos que provee el ecosistema, siendo así su principal fuente de sustento y desarrollo.

Sin embargo, ha existido una constante destrucción de este ecosistema, siendo reemplazado por piscinas camaroneras o talado para comercializar la madera. Esto ocurre porque los diversos productos del manglar están subvaluados, y al no estar apropiadamente valorados los costos externos marginales, muchas empresas privadas están traspasando estos valores, a manera de externalidades negativas, a las comunidades aledañas al manglar y a la sociedad ecuatoriana en general.



El pertinente realizar una actualización de la valoración de los bienes y servicios ambientales que brinda el manglar (tomando como base el estudio: Metodología para la valoración económica ambiental de la Reserva Ecológica Manglares Churute), lo cual será un insumo para generar políticas públicas orientadas a mejorar el funcionamiento del mercado, eliminando o minimizando sus fallos, y generando niveles eficientes de producción, transparentando los precios sociales y finalmente reduciendo la demanda de hectáreas de manglar para dedicarlas a otras actividades productivas, es decir, se incorporará el costo de oportunidad actualizado de los servicios que produce el manglar y que serían sustituidos por otros tipos de producción al ser destruido.

En este INFORME FINAL se detalla todas las actividades de siembra desde 2010 hasta la fecha realizadas en estas 4 áreas, que han permitido sostener este proceso en las primeras 150 Ha de bosque de manglar; todo nuestro ha sido respaldado TÉCNICAMENTE por entidades públicas como INP, INIAP, SUB ACUACULTURA, SGMCM, etc.; y la empresa asesora técnica AQUAINDESA.

Actualmente todas las zonas costeras del Ecuador y en especial los humedales están fuertemente impactados por la actividad humana. Esto se ha incrementado a finales de la década de los 70 debido al crecimiento acelerado de piscinas camaroneras y a la agricultura lo que ha provocado no solo la erosión de los suelos, lagunas costeras, esteros, estuarios sino también actualmente están sujetos a un azolvamiento de grandes dimensiones. La zona del Norte de San Lorenzo donde estaban ubicados los manglares más grandes del mundo y otras zonas como Balao Grande, isla Puná, Pedernales, son ejemplos de cómo el hombre ha provocado la pérdida constante del manglar debido a la introducción de agroquímicos, desechos sólidos, uso desmedido del agua para uso agrícola y acuícola y la tala de bosques.

Hay tres principales razones para la rehabilitación de los ecosistemas de manglar: la conservación de los sistemas naturales y el paisaje, la producción sustentable de los recursos naturales y la protección de las costas (Field, 1998). Por medio de la reforestación se pueden llegar a recuperar sitios alterados, incluso algunas funciones del ecosistema, aun cuando algunos parámetros se hayan modificado, como el suelo, las condiciones ambientales, flora y fauna (Elster, 2000; Lewis y Streever, 2000).

En base a los resultados obtenidos en un estudio realizado por el INP INSTITUTO NACIONAL DE PESCA en el año 2009, se concluye que en el Canal de Jambelí frente a las poblaciones de Balao Grande y Tenguel se ha registrado fenómenos de EUTROFIZACIÓN del canal de JAMBELI y se manifiesta por una proliferación algal de *Prorocentrum mexicanum* caracterizada por producción de espuma y favorecida por las altas temperaturas, descenso de salinidad y altos valores de amonio registrados producto de Eutrofización del canal.

Ante el desarrollo de una proliferación algal independientemente si genera discoloración del agua (marea roja) o no, es necesario realizar tomas oportunas de muestras de agua durante sus diferentes etapas para determinar la especie



causante de la floración, cambios en la composición de la misma, así como también establecer las características físico-químicas del ecosistema, lo que permitiría emitir alertas tempranas para informar adecuadamente a la población y tomar medidas que salvaguarden la salud pública y actividades productivas. Situación que podría ser controlada con el desarrollo de un Programa de FORESTACION de las orillas costeras.

Luego del fenómeno del Niño, 1998, se viene produciendo un fenómeno intenso de SEDIMENTACION del canal de JAMBELI, los niveles de acumulación de sedimentos aumentan en 25 cm por año en las áreas costeras periféricas; se considera que el efecto del DRAGADO continuo del extremo Norte de la ISLA PUNA – canal de acceso MARITIMO frente a POSORJA – puede ser causante y acelerarte del viaje de alta carga de solidos suspendidos y sedimentos al extremo SUR de esta misma isla frente a orillas de BALAO, NARANJAL Y TENGUEL. Debido al impacto en la producción acuícola que fue las mortalidades por SÍNDROME DE MANCHA BLANCA –WHITE SPOT- en los años 1.999 hasta el 2.004 – en este lapso NO se pudo comprobar el deterioro de la calidad de agua de los afluentes que pueden conllevar al incremento de perdidas x mortalidad producto de bajones de oxígeno debido al incremento de algas y nutrientes de afluentes.

A partir del año 2.004 hasta el 2.010 ha sido evidente, el incremento de problemas productivos en las piscinas camaroneas del sector, producto del incremento de nutrientes en las zonas externas que provocan un acelerado reproducción de algas que producen ALTO NIVEL DE CONSUMO DE OXÍGENO; es tan grave que en ENERO 2006 los niveles de oxígeno en el agua afluente a las 5 a.m. fue de 0,5 ppm.

Según estudio realizado por la SUB SECRETARÍA DE ACUACULTURA, se han producido más de un millón de libras perdidas anualmente por camaroneas de las 5.000 ha de producción entre las zonas de NARANJAL a TENGUEL.

Materiales y métodos

Se concertó con la Asociación de cangrejeros y pescadores de la zona siendo ellos uno de los afectados, para la participación en el proyecto. Las principales actividades fueron: construcción de un vivero de mangle, manejo y trasplante de plantas; así como la colecta de propágulos para la siembra en vivero de R. mangle. Construcción y manejo del vivero.

El 12 de Enero de 2009 se inició la construcción del vivero en un área de la Empresa Aquaindesa de 40 m x 40 m, con acceso por tierra y agua. El sitio estaba situado en un área sombreada y con ligera pendiente hacia el estuario. Las fundas se rellenaron con sedimentos en una mezcla aproximada de 60:40 de limo/arena y con una salinidad aproximada de 18 ‰ a 22‰. A partir de la emergencia del primer par de hojas se inició la medición del crecimiento de las



plantas en vivero y encampo, también se registró la mortalidad inicial y mensual en el vivero y en campo, así como la altura alcanzada por las plantas.

Procedimiento de siembra

La zona a forestar es el borde costero entre el Río Balao y el Río Gala. Por lo tanto se va a utilizar el método de siembra directa, lógicamente después de pasar por las siguientes etapas:

- PROCESO DE RECOLECCIÓN Y PRESELECCIÓN DE SEMILLAS O PROPAGULOS
- ESTIBAJE DE LAS SEMILLAS PARA SU TRANSPORTE
- TRANSPORTE POR VÍA ACUÁTICA DE LAS SEMILLAS HACIA EL PUERTO BALAO
- TRANSPORTE POR VÍA TERRESTRE DE LAS SEMILLAS DE MANGLE
- CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS SEMILLAS O PROPAGULOS DE MANGLE.
- SE DESCARTAN LAS SEMILLAS EN MAL ESTADO
- SE COLOCAN LAS SEMILLAS EN FUNDAS CON LODO
- SE UBICA LAS FUNDAS EN LOS VIVEROS
- RIEGO PERIÓDICO DE LAS SEMILLAS
- TRANSPORTE DE LAS PLANTULAS HACIA EL SITIO DE SIEMBRA
- SIEMBRA DE LA PLANTULA DE MANGLE.

Resultados

ÁREA # 1

Mediante documento MAE-SGMC-2011-0957, del 22 de julio de 2011, la Subsecretaría de Gestión Marina Costera, del Ministerio del Ambiente, aprobó el Plan de Forestación del área 1 de 45.06 hectáreas para la siembra de mangle, presentado por la Fundación Calisur, que incluye 15 trámites de posesionarios camaroneros para regularizar la actividad acuícola en el marco del Decreto Ejecutivo 1391 de octubre de 2008.

A través de los documentos MAE-SGMC-2013-0857 del 08 de agosto de 2013 y MAE-SGMC-2014-0119 del 21 de febrero de 2014 el Ministerio del Ambiente verificó y constató el estado de la forestación de las plantas de mangle con las siguientes características; plantas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con una altura de 169,17 cm, 186,11 hojas en promedio, y sobrevivencia total del área forestada.



ÁREA # 2

Mediante documento MAE-SGMC-2011-0957, del 22 de julio de 2011, la Subsecretaría de Gestión Marina Costera, del Ministerio del Ambiente, aprobó el Plan de Forestación del área 2 de 35.48 hectáreas para la siembra de mangle, presentado por la Fundación Calisur, que incluye 14 trámites de posesionarios camaroneros para regularizar la actividad acuícola en el marco del Decreto Ejecutivo 1391 de octubre de 2008.

A través de los documentos MAE-SGMC-2013-1001 del 17 de septiembre de 2013 y MAE-SGMC-2014-0415 del 22 de mayo de 2014 el Ministerio del Ambiente verificó y constató el estado de la forestación de las plantas de mangle con las siguientes características; plantas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con una altura de 181,28 cm, 382 hojas en promedio, y sobrevivencia total del área forestada.

ÁREA # 3

Mediante documento MAE-SGMC-2011-0957, del 22 de julio de 2011, la Subsecretaría de Gestión Marina Costera, del Ministerio del Ambiente, aprobó el Plan de Forestación del área 3 de 40 hectáreas para la siembra de mangle, presentado por la Fundación Calisur, que incluye 16 trámites de posesionarios camaroneros para regularizar la actividad acuícola en el marco del Decreto Ejecutivo 1391 de octubre de 2008.

A través de los documentos MAE-SGMC-2013-0356 del 08 de agosto de 2013 y MAE-SGMC-2014-0154 del 05 de marzo de 2014 el Ministerio del Ambiente verificó y constató el estado de la forestación de las plantas de mangle con las siguientes características; una parcela con plantas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) con una altura de 300 cm, y en la parcela 2, plantas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) presentan 76 cm de altura y 51 hojas y sobrevivencia del 70% del área forestada.

ÁREA # 6

Mediante documento MAE-SGMC-2011-0957, del 22 de julio de 2011, la Subsecretaría de Gestión Marina Costera, del Ministerio del Ambiente, aprobó el Plan de Forestación del área 6 de 30.12 hectáreas para la siembra de mangle, presentado por la Fundación Calisur, que incluye 6 trámites de posesionarios camaroneros para regularizar la actividad acuícola en el marco del Decreto Ejecutivo 1391 de octubre de 2008.

A través de los documentos MAE-SGMC-2013-0896 del 23 de agosto de 2013 y MAE-SGMC-2014-0429 del 22 de mayo de 2014 el Ministerio del Ambiente verificó y constató el estado de la forestación de las plantas de mangle con las siguientes características; plantas de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) con una altura de 101 cm, 89 hojas en promedio, y sobrevivencia total del área forestada.



Medios de verificación





Verificación multitemporal



ÁREA 2

Resumen de biodiversidad

Cobertura vegetal

La flora dominante en el área es el mangle rojo (*Rhizophora mangle*), presenta una altura de 180 cm y 280 hojas en promedio. Además presenta flora acompañante correspondiente a mangle negro (*Avicennia germinans*), y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), las cuales sobrepasan los 300 cm de altura, y un número superior de 500 hojas, producto de la regeneración natural.



Biodiversidad acuática

Zooplankton- Se observó un significativo número de pulga de mar (*Phanosoma* spp.) de la familia Sididae, clase Cladocera, Phylum Arthropoda, entre el fango y raíces de las plantas de mangle.

Bentos Se registró 25 especies de macroinvertebrados bentónicos correspondientes a dos filas; Phylum Mollusca (Conchas, caracoles, ostiones, mejillones) representada por 8 familias con 11 especies (gráfico 1), y Arthropoda o crustáceos (Cangrejos, jaibas, camarones) presenta 9 familias con 14 especies. Entre los moluscos comerciales se encuentran las conchas (*Anadara* sp.), el mejillón (*Mytella guyanensis*) y el ostión (*Crassostrea columbiensis*). Y las especies no comerciales destacan caracoles como (*Litorina varia*, *Marunula* sp.). En el grupo de los artrópodos o crustáceos, el cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) es la especie de importancia comercial, que a corto plazo el área se convertirá en sitio de recolección de esta especie, aprovechada por usuarios ancestrales del sector. También incluyen: las jaibas (*Callinectes* spp.), la burrita o camarón de río (*Macrobrachium* spp.) y los camarones marinos (*Litopenaeus* sp.).

Peces- Se reporta 26 especies, distribuidas en 13 familias; la mayoría de especies son consideradas de importancia comercial en las actividades de pesca en el sector. Entre las especies de mayor importancia son la Corvina yanqui (*Cynoscion squamipinnis*), Lisa (*Mugil cephalus*), robalo (*Centropomus* spp.), mojarra (*Diapterus peruvianus*).

Biodiversidad terrestre

Reptiles- Se registra a la iguana verde (*Iguana iguana*) de la familia Iguanidae, y boa mataballo (*Boa constrictor* spp.)

Aves- Se reporta 55 especies, distribuidas en 26 familias (tabla 4); la familia Ardeidae (Garzas) con la presencia de nueve especies. Se observó concentraciones 11 especies de aves; *Fregata magnificens*, *Ardea alba*, *Egretta thula*, *Egretta caerulea*, *Egretta tricolor*, *Nyctanassa violacea*, *Nycticorax*, *Butorides striatus*, *Bubulcus ibis*, *Eudocimus albus* y *Ajaia ajaja*, las cuales utilizaron la cobertura de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) forestados en el área, para el proceso de anidación en el mes de abril y mayo de 2014.

Del análisis de las especies de aves, se registró al Flamenco Chileno (*Phoenicopterus chilensis*) con categoría Casi Amenazada (UICN), Apéndice II (CITES), Apéndice II (CMS). También se registra al Águila pescadora y Gavilán Colicorto, además de tres especies (*Shakesporus bernardi*, *Sporophila peruviana*, *Dives warszewiczi*) endémicas de la Región Tumbesina.

Mamíferos- Se reporta a la Zarigüeya (*Didelphis marsupialis*) de la familia Didelphidae, Mapache (*Procyon cancrivorus*) de la familia Procyonidae, y murciélago pescador (*Noctilio leporinus*) de la familia Noctilionidae. Estas especies no registran grado de amenaza por la UICN o listadas en Apéndice CITES.



Valoración económica ambiental

Se puede indicar que los servicios del ecosistema manglar son de tres tipos:

1. Provisión. Incluye:

Alimentos (cultivos, ganado, pesquerías de captura, acuicultura, alimentos silvestres);

Fibra (madera, algodón-cáñamo seda, leña);

Recursos genéticos; productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos; y,

Agua dulce.

2. Regulación. Incluye:

Regulación de la calidad del aire;

Regulación del clima (global, regional y local);

Regulación del agua;

Regulación de la erosión;

Purificación del agua y tratamiento de aguas de desecho;

Regulación de enfermedades; regulación de pestes; polinización; y, regulación de los riesgos naturales.

3. Culturales. Incluye:

Valores espirituales y religiosos;

Valores estéticos; y

Recreación y ecoturismo.

Servicios Ambientales del Manglar

Generación de Nutrientes:

Como parte del complejo costero, los mangles colorados mantienen altas tasas anuales de productividad, de más de 8 ton/ha. en las zonas estuarinas. (Jiménez J., 1994). Como se indicó anteriormente, el manglar está entre los sistemas ecológicos más productivos del mundo y su productividad neta se calcula en 37 toneladas métricas por hectárea al año aproximadamente.

Hábitat de Peces:

Los ecosistemas del manglar son lugares de crianza para las múltiples especies pesqueras de importancia comercial (Robertson y Duke, 1990). Por ejemplo: el camarón empieza su vida en el mar abierto y después de varias fases de crecimiento la larva se mueve a las aguas de los estuarios donde permanece un tiempo; el hábitat del estuario provee sustancias ricas en nutrientes y el manglar otorga protección ante depredadores. La epidermis de las hojas de manglar funciona como alimento para los camarones y también se transforma en nutrientes que promueven el crecimiento de fitoplancton. En general, se estima que el valor por el servicio de protección de pesquerías prestado por el manglar,



fluctúa entre US\$77 y US\$130 por hectárea. Sin embargo, el estudio de Yáñez-Arancibia (realizado en la misma zona) obtuvo 900 US\$/Ha, consecuencia de suponer un esquema de pesca de libre acceso; mientras que el estudio de Barbier y Strand supuso un esquema de pesquería regulada (Sanjurjo y Welsh, 2005).

Protección de la Biodiversidad:

En lo que se refiere a la protección de la biodiversidad destacan algunos aspectos como la existencia (o la probabilidad de existencia) de plantas medicinales y la protección del hábitat de algunas especies de reptiles y especialmente de aves tanto residentes como migratorias. La importancia de los bosques de mangle como ambiente de aves está robustamente sustentada y constituye un elemento fundamental de los esfuerzos de algunos organismos dedicados a la protección de dichas especies.

Secuestro de Carbono:

Los manglares, como cualquier otro bosque, capturan, almacenan y liberan carbono como resultado de procesos fotosintéticos, respiración y degradación de materia seca; sólo que los manglares liberan menos carbono que otros ecosistemas forestales. Lo anterior se debe en gran parte a que en sus suelos los promedios de descomposición son bajos y por lo tanto el almacenamiento de carbono en el suelo puede ser más alto que en los sistemas forestales de agua dulce (Izarralde et al. 2001). El manglar transpira tanto como en la selva húmeda, esto es, 21.4 toneladas diarias por hectárea, valor inferior al del bosque templado debido a la baja concentración de oxígeno.

Gracias a un estudio realizado por el Dr. Jeong Jin Ong, profesor e investigador del Centro de Estudios Marinos Costeros de la Universidad Sains (Malasia), se descubrió que las capas de tierra y turba que componen el sustrato del manglar tienen un alto contenido de carbono, de 10% o más. Cada hectárea de sedimentos del manglar puede contener cerca de 700 toneladas de carbono por metro de profundidad. Al construir grandes cantidades de granjas camaroneras o complejos turísticos, la tala resultante de los manglares y la subsiguiente excavación del sustrato tendrían el potencial de provocar la oxidación de 1.400 toneladas de carbono por hectárea y por año. El Dr. Ong afirma también que si “sólo la mitad del carbono se oxidara durante un período de 10 años, estaríamos frente a un retorno a la atmósfera de 70 toneladas de carbono por hectárea, por año, durante 10 años. Esto equivale a unas 50 veces el nivel de secuestro. Significa que bastaría con destruir apenas el dos por ciento de los manglares para que se perdieran todas las ventajas que estos tienen como sumideros de carbono atmosférico...”

Mantenimiento de calidad de agua:

Uno de los servicios ambientales que prestan los bosques de mangle es el filtrado de aguas residuales, ya que este ecosistema tiene la capacidad de disminuir la carga de materia orgánica del agua que utilizan en sus procesos naturales. Para



calcular el valor de este servicio, algunos autores han utilizado el costo de un sustituto para aproximarse a su valor. En un estudio realizado en Fiji se le asignó al servicio de filtrado de aguas residuales un valor idéntico al costo anual de una planta de tratamiento de aguas residuales que se requeriría para reemplazar este servicio (Lal, 1990). En este estudio se reportó un valor de 105 US\$/Ha, mientras que para el caso de Campeche fue de 150 US\$/Ha (Sanjurjo y Welsh, 2005).

Protección de la costa:

Los humedales costeros juegan un papel esencial en la protección de la línea costera contra la erosión que genera el oleaje. En algunos casos, dependiendo de la severidad de la tormenta y del grado de conservación del bosque, el manglar puede servir incluso de refugio contra huracanes (Kabii y Bacon 1997). Para el caso de la costa de Luisiana, Faber y Constanza (1987) encontraron que la reducción de una milla de ancho del humedal costero podría aumentar los daños materiales de las tormentas en US\$5 millones al año. Tomando en cuenta la superficie que abraza el humedal costero y convirtiéndolo a valor presente, el valor anterior equivale a 1000 US\$/Ha., sin considerar la pérdida en bienestar que genera el sufrir un huracán (heridas, nerviosismo o incluso muertes).

Valor económico del manglar de acuerdo a los componentes de la matriz de valoración

Identificados los productos ambientales que se utilizarán para el logro del objetivo de la presente consultoría, se procedió a determinar la cantidad media estimada de ellos que existen en una hectárea de bosque de mangle ecuatoriano, y se recopilaron precios referenciales en el mercado de dichos productos. Sin embargo, es necesario homogeneizar las unidades existentes por hectárea con los precios de mercado para poder realizar el cálculo de la valoración total.

El conteo de cangrejos rojos se realizó por atados compuestos de 40 cangrejos, y en la tabla No 18 se presentan desagregados de forma unitaria por hectárea y año. Los precios de éste crustáceo se recopiló en atados de 88 cangrejos, por lo cual posteriormente se presentará este valor de forma unitaria.

De manera similar, anteriormente se presentó el peso medio en kilos de los pescados más comercializados. Empero, en los mercados locales, no se acostumbra vender este producto del manglar en precio por unidad o por kilo, sino por libra. La tabla No. 20, presenta la transformación del precio de mercado en libras a kilos para que sea comparable con la información referente a la cantidad de peces existentes por hectárea de mangle. De acuerdo a ello, por cada hectárea destruida de manglar se pierden aproximadamente US\$6.800 anuales por reducción de capturas obtenidas por concepto de pesca artesanal.

A diferencia de los otros peces, el expendio del bocachico por lo general se realiza por unidad de pescado y el valor depende de su tamaño. Sin embargo, los proveedores nos indicaron que en promedio su precio es de US\$2,5 la libra.



Producción en US\$ de peces por hectárea de manglar

Especie Cantidad Precio en kilos TOTAL

Peces Kilos

Bagre 480 480 \$4,41 \$2.116,44

Bocachico 120 60 \$4,41 \$529,11

Chame 720 720 \$0,00

Lisa 60 15 \$4,41 \$264,55

Corvina 360 1.800 \$5,51 \$1.984,16

Robalo 288 1.728 \$6,61 \$1.904,79

TOTAL \$6.799,05

Respecto al secuestro de Carbono, se estimó en 70 toneladas por hectárea al año. Como sustituto para la valoración se tomará la producción de oxígeno y su venta en el mercado, la cual se realiza por metros cúbicos y está en un valor medio de US\$3,64.

Para utilizar las mismas unidades de medida, se realizó el siguiente cálculo:

1 Tonelada de C = 1000 Kg C/Ha/año

70 Toneladas = 70.000 Kg C/Ha/año

Considerando que la densidad del Carbón es de 300 Kilos por m3, entonces:

70.000 Kg C/Ha/Año x m3 = 23,3 m3/Ha/año

300 Kg C

Al multiplicar la cantidad obtenida, por el precio referencial del mercado, obtenemos $23,3 \times \$3,64 = \$84,812$

Matriz de valoración de 1 hectárea de manglar

| Categoría | Bien y/o servicio ambiental | Mercados sustitutos | Unidad/Ha/año | Q | P | Valor US\$ | % ACTUAL CALISUR | VALOR TOTAL |
|-------------------------------------|---|---------------------|---------------|----------|-------------|---------------------|------------------|-----------------|
| SERVICIOS AMBIENTALES | Madera para construcción/pisos/casas | guayaquán | m3 | 10 | \$ 680 | \$ 6.800,00 | 25% | \$ 1.700,00 |
| | Carbon energia | | ton | 115 | \$ 5,00 | \$ 575,00 | 30% | \$ 172,50 |
| | Proteccion costera | | u | 1 | \$ 1.000,00 | \$ 1.000,00 | 10% | \$ 100,00 |
| | Generación de Nutrientes | | ton | 37 | \$ 454 | \$ 16.798,00 | 55% | \$ 9.238,90 |
| | Protección contra erosión | | m | 100 | \$ 270 | \$ 27.000,00 | 30% | \$ 8.100,00 |
| | Generación de O2 | | m3 | 2300 | \$ 3,64 | \$ 8.372,00 | 30% | \$ 2.511,60 |
| | Captura de carbono | | m3 | 1000 | \$ 1,00 | \$ 1.000,00 | 30% | \$ 300,00 |
| | Capturador de contaminantes y purificación de aguas cloacales | | u | 1 | \$ 200,0 | \$ 200,00 | 55% | \$ 110,00 |
| | Servicios Recreativos | | u | 1 | \$ 350,0 | \$ 350,00 | 75% | \$ 262,50 |
| | Beneficios en calidad de agua para Producción Camaronera | | libras | 1200 | \$ 1,8 | \$ 2.160,00 | 85% | \$ 1.836,00 |
| Protección de pesquería | | u | 1 | \$ 130,0 | \$ 130,00 | 75% | \$ 97,50 | |
| Peces | Bagre | | Kg | 480 | \$ 4,41 | \$ 2.116,80 | 55% | \$ 1.164,24 |
| | Chame | | Kg | 720 | | \$ 0,00 | 55% | \$ 0,00 |
| | Lisa | | Kg | 60 | \$ 4,41 | \$ 264,60 | 55% | \$ 145,53 |
| | Corvina | | Kg | 360 | \$ 5,51 | \$ 1.983,60 | 55% | \$ 1.090,98 |
| | Robalo | | Kg | 288 | \$ 6,61 | \$ 1.903,68 | 55% | \$ 1.047,02 |
| | | | | | | | | |
| Crustáceos y moluscos | Cangrejo rojo | | unidad | 280 | \$ 0,84 | \$ 235,20 | 60% | \$ 141,12 |
| | Jaiba | | unidad | 25 | \$ 1,75 | \$ 43,75 | 45% | \$ 19,69 |
| | Concha prieta macho | | saco/año | 201 | \$ 0,15 | \$ 30,15 | 40% | \$ 12,06 |
| | Concha prieta hembra | | saco/año | 81 | \$ 0,20 | \$ 16,20 | 40% | \$ 6,48 |
| | Concha pata de mula | | cesto/año | 10,75 | \$ 0,35 | \$ 3,76 | 40% | \$ 1,51 |
| BIODIVERSIDAD aves, reptiles | Aves | | u | 5520 | \$ 0,85 | \$ 4.692,00 | 85% | \$ 3.988,20 |
| | Reptiles y mamíferos | | u | 245 | \$ 1,21 | \$ 296,45 | 70% | \$ 207,52 |
| | INVERSION INICIAL EN 150 Ha DE FORESTACION actual | | | | | \$ 75.371,19 | 42% | \$ 32.253,34 |
| | RENTABILIDAD INVERSION | | | | | VALOR ACTUAL | 150,00 | \$ 4.838.001,23 |
| | | | | | | | | 2437% |

Fuente y elaboración: Eco. Carlos Iturralde Durán M.Sc.



Recomendaciones

Los ECOSISTEMAS COSTEROS son muy débiles y es evidente su deterioro producto de los fenómenos de sedimentación que están actualmente cerrando los esteros, ramales y chorrillos que canalizan agua a los manglares viejos que están más alejados de las zonas costeras. Solo, en las zonas de BALAO Y NARANJAL se han perdido el 20% de manglares producto de la falta de afluente de agua en las zonas de bosques más altos y viejos. La velocidad de deterioro de bosques de manglares internos es MUCHO MÁS ALTA que la velocidad de regeneración natural de manglares costeros mas externos por esta razón es PRIORIDAD la inversión en PROCESOS DE FORESTACIÓN DE EMBANQUES COSTEROS.

Entregar estas 150 Ha en custodia de la ASOCIACIÓN DE CANGREJEROS DE BALAO, para que procedan legalmente a custodiar y vigilar este nuevo recurso ambiental.

Re-sembrar anualmente un 10% de las áreas para mantener la relación de biodiversidad de las especies.

Implementar un nuevo artículo de LEY DE ACUACULTURA Y PESCA en el que se recalque la inversión en REGENERACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS, para cuyo efecto sugerimos se reglamente que CADA RENOVACIÓN DE LAS CONCESIONES DE PLAYAS Y BAHIAS (esto es cada 10 años) se debe invertir en REFORESTACIÓN de MANGLAR; sea mediante aporte a PROGRAMAS del MAE, MAGAP, etc.

Se necesita aumentar la PUBLICIDAD Y DIVULGACIÓN de estos EXCELENTES PROCESOS DE REMEDIACIÓN AMBIENTAL que se ejecutan gracias a mejores políticas del gobierno que estimulan la JUSTICIA AMBIENTAL Y PRODUCTIVA.

Recomendar el incremento de INVESTIGACIÓN TÉCNICA CIENTÍFICA en los procesos de crecimiento, sobrevivencia y filtración de metales pesados, nutrientes y bacterias de los bosques de manglar.

En los viveros de mangle rojo en AQUAINDESA se está desarrollando pruebas de absorción de NUTRIENTES por plantas de mangle rojo jóvenes que actualmente ha demostrado ALTOS NIVELES de BIO REMEDIACIÓN en suelos.

Referencias

- Autry, A.S.; V.N. Steward; M. Fox y W. Hamilton. 1973. Progress Report: Mangrove planting for stabilization of developing shoreline. Q.J. Fla. Acad. Sci. (Supl.) 36:17 (Abstract).
- Choudhury J.K. 1994. Mangrove re-afforestation in Bangladesh. Proceedings on the Workshop on ITTO



- Project Development and Dissemination of Re-afforestation Techniques on Mangrove Forests: 18-20 april 1994. Bangkok, Tailandia. p:186- 202.
- Choudhury J.K. 1997. La ordenación sostenible de los manglares costeros, desarrollo y necesidades sociales. XI Congreso Forestal Mundial. 13 a 22 de Octubre, Natalia, Turquía. p:273-296.
- Conrado, P.C. 1999. Reforestación de manglares en el Estero Real, Nicaragua. In: Ammour, T.; A.Imbach; D.Suman y N. Windevoxhel (eds). Manejo productivo de manglares en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p:88-89.
- Cruz, R.M. 1999. Experiencias de reforestación con mangle rojo en Las Peñitas León, Nicaragua. In: Ammour, T.; A. Imbach; D. Suman y N. Windevoxhel (eds). Manejo productivo de manglares en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p:86-87.
- Davis, J.H. 1940. Vivipary and dispersal of mangrove seeds. Ten. Acad. Sci.15:414-415.
- Gil, A.M. y P.B. Tomlinson. 1971. Studies of the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.), 2. Growth and differentiation of aerial roots. Biotropica 3(1):63-77.
- INEGI. 2002. Crecimiento de la población de la costa de Chiapas. XI Censo de población 2000. Vol. 2. 1-245p.
- ALVARADO, Ch., “Estudio de Factibilidad para Aumentar el Valor Agregado de la Cadena de Producción de la Concha Prieta en las Localidades Bunche y Costa Rica”, PMRC, Ecuador, 2005
- APOLINARIO, I., “Estudio de factibilidad para aumentar el valor agregado de la cadena de producción del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en las localidades de Naranjal y Puerto el Morro”, PMRC, Ecuador, 2007.
- AZQUETA, D. “Valoración Económica de la Calidad Ambiental”, Mc. Graw-Hill Madrid - España, 1994.
- BARBIER, Edwar, ACREMAN, Mike & KNOWLER, Duncan. “Valoración Económica de los Humedales: Guía para Decidores y Planificadores”, Ramsar, The UICN Publications Unit, Cambridge, Reino Unido, 1996.
- BROWN, T., SATHAYE, J., CANNEL, M. & KAUPPI, P., “Management of Forest for Mitigation of Green House Gas Emission”, En R.T. Watson, M.C. Zinyowuera y R.H. Moss, eds. Climate change 1995, impacts, adaptation sand mitigation of climate change: scientific –technical analysis. Report of Working Group II, Assessment Report, IPCC, p. 773-797. Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press, 1996.
- CHAMP, BOYLE & BROWN, “A Primer on Nonmarket Valuation” Kluwer Academic Publishers, 2003.
- COELLO, S., “Estudio de zonificación y manejo de conflictos de la pesca artesanal en la UCV Bahía”, PMRC, Ecuador, 2006
- CRUZ, Gabriela; “Economía aplicada a la valoración de impactos ambientales”, Universidad de Caldas, Colombia, 2005
- FAO, “Situación de los Bosques del Mundo”, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma - Italia, 2001.
- FIELD, Barry & FIELD, Marta, “Economía Ambiental”, 1ª edición, Mc. Graw Hill, Madrid – España, 2003.
- GAMMAGE, S., “Estimating the Returns to Mangrove Conversion: Sustainable Management or Short Term Gain. International Institute for Environment and Development (IIED)”, London Environmental Economic Programs (LEEP) Discussion Paper, Londres – Inglaterra, 1997.



- GRANIZO, PACHECO, RIBADENEIRA, GUERRERO, SUÁREZ, “Libro Rojo de las Aves del Ecuador”, SIMBIO/Conservación Internacional/EcoCiencia/Ministerio del Ambiente/UICN, Serie Libros Rojos del Ecuador, tomo 2, Quito - Ecuador, 2002.
- IZARRALDE, ROSENBERG & LAL, “Mitigation of climatic change by soil carbon sequestration: insues of science, monitoring, and degraded lands”, *Advances in Agronomy*, 2001.
- KABIL, T. & BACON, P., “La protección de humedales y tierras costeras y sus hábitats”, Trabajo presentado en el XI congreso mundial forestal, Turquía, 1997. Disponible en <http://www.fao.org>
- LUGO, Ariel; EVINK, Gary; BRINSON, Mark [y otros], “Diurnal rates of photosynthesis, respiration, and transpiration in mangrove forests of south Florida”, En: Golly, Frank B.; Medina, Ernesto, ed. *Tropical ecological systems*. New York – EE.UU, 1975.
- LUGO, Ariel; TWILLEY, Robert & PATTERSON-ZUCCA, Carol, “The role of black mangrove forests in the productivity of coastal ecosystems in south Florida. Gainesville”, FL: Center for Wetlands, University of Florida; final report to U.S., Environmental Protection Agency, Corvallis Environmental Research Laboratory, Corvallis, 1980.
- NICHOLSON, Walter, “Microeconomía intermedia y sus aplicaciones”, 8ª Edición, Mc. Graw Hill, Bogotá-Colombia, 2001.
- ODUM, William, “Pathways of energy flow in a south Florida estuary”, Coral Gables, FL: University of Miami. Disertación doctoral, EE:UU., 1969.
- ONG, Jim Eong, “The Hidden Cost of Mangrove Services, Use of Mangroves for Shrimp Aquaculture, Intl. Science Roundtable for the Media”, Centro de Estudios Marinos y Costeros, Universidad de Sams, Malasia. Boletín N° 132 del WRM, julio de 2008
- ONG, Jim Eong, “The Hidden Cost of Mangrove Services, Use of Mangroves for Shrimp Aquaculture Intl. Science Roundtable for the Media”, Centro de Estudios Marinos y Costeros, Universidad de Sams, Malasia, 2002
- ONG, J.E., GONG, W.K. y CHAN, H.C., “Los gobiernos de los Países en Desarrollo, ¿Groseramente Infravaloran sus Manglares?” Actas de la Simposio sobre la Protección y Gestión de Ecosistemas Costeros Marinos, Bangkok Tailandia, 2000.
- ORTEGÓN, Edgar, Guía sobre el diseño y gestión de la Política Pública, Organización del Convenio Andrés Bello, Colciencias, Instituto de Estudios Latinoamericanos, Bogotá-Colombia, 2008.
- PANAYOTOU, “Ecología, Medio Ambiente y Desarrollo”, Ediciones Gernika S.A., México, 1994.
- PEARCE, D.W. & TURNER, R.K., “Economics of natural resources and the environment”, Johns Hopkins, Baltimore, 1990.
- PINDYCK & RUBINFELD, “Microeconomía”, 5ª Edición, Prentice Hall, Madrid - España, 2003.
- ROBERTSON & DIKE, “Mangrove fish-communities in tropical Queensland, Asustralia. Spatial and Temporal Patterns in densities, biomass, and community structure”, *Marine Ecology*, 1990.
- RODRÍGUEZ, Elmer, “Manglares Sustento Local versus Ganancia Empresarial” *Greenpeace Boletín 5*, Movimiento Mundial por los Bosques Tropicales, Uruguay, 2001. <http://www.wrm.org.uy/boletin/51/vida.html>
- SANJUERO, Enrique & WELSH, Stefanie, “Una Descripción del Valor de los Bienes y Servicios Ambientales Prestados por los Manglares”, *Gaceta Ecológica*, número 074, Instituto Nacional de Ecología, México, 2005.



- SUMMERFELT, ADLER, GLENN & KRETSCHMANN, “Aquaculture sludge removal and stabilization within created wetlands”, Aquacultural Engineering, 1999.
- Secretaría de la Convención de Ramsar, “Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)”, 4a. edición, Suiza, 2006.
- VARIAN, Hal, “Microeconomía Intermedia”, 5ª Edición, Alfaomega Colombiana, Colombia, 1999
- VÁSQUEZ, CERDA & ORREGO, “Valoración Económica del Ambiente: Fundamentos Microeconómicos, Econométricos y Aplicaciones”, Thomson Learning, Argentina, 2007.
- WALSH, Gerald, “Exploitation of mangle. En: Chapman, V.J., ed. Ecosystems of the world. Wet coastal ecosystems”, Vol. 1, Oxford: Elsevier Scientific Publishing Co, 1977.
- <http://www.estudiosdeldesarrollo.net>
- <http://www.ccondem.org.ec>
- <http://www.greenpeace.es/manglares>
- http://www.peruecologico.com.pe/glosario_v.htm
- <http://www.undp.org.ar>
- <http://www.fao.org/docrep/007/ae159s/AE159S16.htm>. Evaluación de productos forestales no madereros. Servicios Ambientales. Metodología para la determinación de los volúmenes de Almacenamiento y fijación de carbono.





Efecto del cambio climático sobre la contaminación por metales en los recursos pesqueros

Lemus Mairin

*Unidad de Ciencias Química y de la Salud, Universidad Técnica de Machala
Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Venezuela.
E-mail: mlemus88@gmail.com*

Resumen

El cambio climático, causado por las actividades del ser humano supone que la temperatura media del planeta podrá incrementarse entre 1,4 y 5,8°C entre 1990 y 2100. Además, el riesgo se incrementa cuando se consideran las predicciones de los modelos climáticos que hay para las próximas décadas. El mayor peligro son las alteraciones de las temperaturas, precipitaciones y la rápida acidificación en los océanos del mundo debido a la concentración de CO₂ en la atmósfera. Hasta la fecha el pH marino ha pasado de 8,18 a 8,10. Desde el punto de vista toxicológico un aumento de la temperatura y una baja en el pH, podrían afectar significativamente la especiación y la disponibilidad de metales para los organismos, pues estos factores traen como consecuencia un incremento en la bioacumulación, particularmente aquellos organismos filtradores, como es el caso de los bivalvos, que incorporaran estos elementos en sus tejidos en magnitudes significativamente mayores que las del entorno. Existe una gran información en estudios bajo condiciones controladas, donde se demuestra que estos factores determinan cambios significativos en la bioacumulación y la tolerancia de los organismos a la presencia de metales. Por otra parte, un aumento en la temperatura determina una tasa metabólica mayor, por lo que existe un mayor gasto en el metabolismo basal, lo que afecta su respuesta ante la presencia de xenobioticos como los metales. También, un incremento de la temperatura supone un incremento de la flora bacteriana y viral en los cuerpos de agua, haciendo aún más complejo el panorama de los organismos marinos. El incremento de la temperatura provoca cambios fisiológicos en la biota, que alteran la permeabilidad de las membranas a los metales, particularmente si se encuentran en su forma iónica, aumentando los procesos de metabolización y excreción que demandan energía. El cambio climático provocará una disminución en la productividad de los ecosistemas tropicales y subtropicales y esto será intensificado por el creciente efecto antrópico sobre las zonas costeras,



resultando en efectos negativos sobre la pesca y sistemas de acuicultura en función de la región y la latitud.

Palabras clave

Cambio climático, metales pesados, recursos pesqueros

Introducción

El cambio climático no es más que los registros de los cambios de temperatura que han venido ocurriendo a través del tiempo, teniendo su mayor incremento a raíz de la revolución industrial, con un aumento creciente de gases de efecto invernadero reconocidos por la ONU (CH_3 , N_2O , CFCs, HFCs, FS_6 y CO_2). Este último, es quizás el que mayor efecto ha tenido en el mundo, como consecuencia de la explotación de recursos fósiles, cambio del uso de los suelos, producción de cemento y caliza.

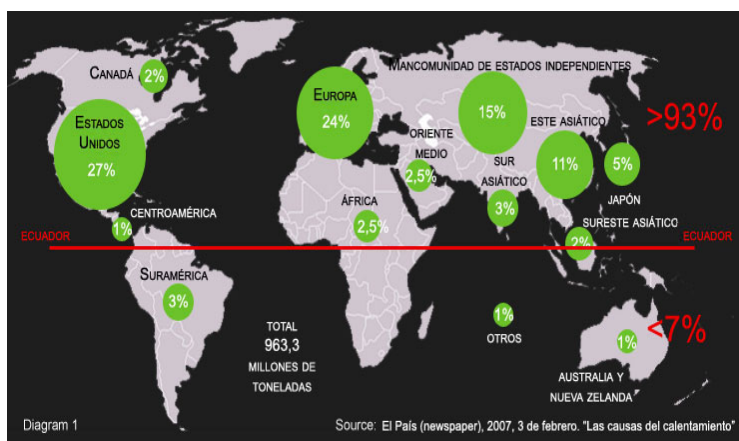


Figura 1. Producción de CO_2 a nivel mundial
Fuente: <http://www.elmundo.es/elmundo/2009/06/16/ciencia>.

El CO_2 , a pesar de tener el potencial de calentamiento menor en relación al resto de los gases de efecto invernadero el tiempo de vida media es superior a CH_3 , N_2O , CFCs, FS_6 . Su persistencia en la atmósfera ha provocado que la presión de CO_2 sobre los océanos se esté incrementando vertiginosamente. Un aumento en los niveles de CO_2 produce calentamiento atmosférico, pero también afecta el calentamiento de los océanos, aumento en la acidificación y consecuentemente las alteraciones de las reacciones químicas de los componentes del océano.



Sin duda, el calentamiento de los mares ha traído como consecuencias alteraciones en los ecosistemas, ocasionando desplazamiento de organismos, particularmente de peces que migraran desde las zonas tropicales a subtropicales o templadas, no obstante aquellos organismos que no tienen la capacidad de movilizarse serán afectados más temprano que los anteriores, un ejemplo de ello son los arrecifes de coral, y la pregunta crucial, ¿que pasara con los organismos de poco desplazamiento como los bivalvos o aquellos donde su ciclo de vida transcurre en la zonas costeras?.

Es importante resaltar que el gran número de organismos marinos vive o está relacionado con las zonas costeras durante alguna etapa de su vida, jugando un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas marinos, principalmente en los estuarios y las lagunas costeras y han tenido importantes efectos sobre los seres humanos, principalmente como fuentes de alimentos.

Los océanos cubren aproximadamente el 71% de la superficie terrestre y albergan la mayor parte de la diversidad del reino animal por lo que se considera el espacio con mayor biodiversidad. En los océanos está la posibilidad de obtener proteína animal para las poblaciones venideras, bien sea a través de la captura o el cultivo. Sin embargo, el cambio climático representa una amenaza para los organismos, más aun cuando los niveles de contaminación se han incrementado. La acidez y la temperatura son factores determinantes de las reacciones químicas y biológicas de los océanos. Particularmente los metales aumentarán su disponibilidad para los organismos afectando de manera directa las zonas costeras, donde existe la mayor abundancia de invertebrados de consumo humano. La biodisponibilidad de metales y contaminantes determinará que aquellas especies sensibles y menos tolerantes al cambio climático y contaminación tiendan a ser afectadas más rápidamente, con el riesgo que desaparezcan (Oetken *et al.*, 2009).

Evidencias

El calentamiento de los océanos como consecuencia de los elevados niveles de CO₂ atmosférico, ha provocado un aumento del CO₂ en el océano desde el año 1960 con valores comprendidos entre 300 y 325 ppmv (partes por millón por volumen) y actualmente ronda cerca de los 400 ppmv. Los niveles de CO₂ para el futuro podrían llegar a 1071 ppmv el año 2100, pero esto dependerá de los parámetros socioeconómicos y un comportamiento opuesto se ve reflejado en los océanos con la consecuente disminución del pH (Fig 2).

Desde el comienzo de la Revolución Industrial, el pH de las aguas superficiales del océano ha disminuido en 0,1 unidades de pH. Este cambio representa un aumento de aproximadamente el 30 por ciento de la acidez. Predicciones indican que los océanos continuarán absorbiendo dióxido de carbono y será aún más ácida. Las estimaciones de los niveles de dióxido de carbono basados en los escenarios habituales de emisión, indican que para finales de este siglo las aguas superficiales de los océanos podrían ser casi un 150 por ciento más ácidas, lo que



resulta en un pH que los océanos no han experimentado durante más de 20 millones de años.

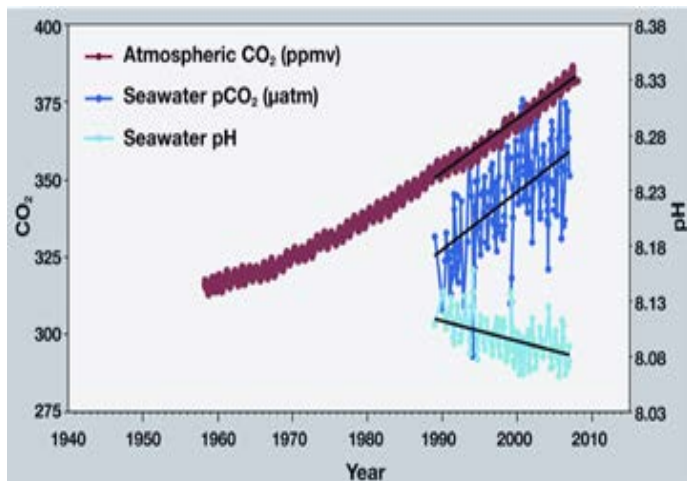


Figura 2. Relación entre los niveles de CO₂ atmosféricos sobre la presión de CO₂ (pCO₂) y pH de los océanos.

Fuente: NOAA PMEL Carbon Program

El calentamiento y aumento de la acidez cada vez mayor de los océanos (Fig 2), va a traer serias consecuencias para el futuro, la contaminación por metales pesados se agrava en la medida en que los factores ambientales contribuyen a potenciarlos, se producirían cambios en la cadena trófica, la modificación de los ecosistemas y la biodiversidad. Algunos metales pesados pueden causar la muerte de los peces, del plancton, y pueden acumularse en los tejidos de pescados y mariscos. Se biomagnificarán metales tóxicos como el Hg, Cd, Pb a medida que avanzan en la cadena trófica y esto también afectará a la población.

Los metales incorporados a los cuerpos de agua principalmente en las zonas costeras están sujetos a un proceso de absorción y desorción, regulados por las corrientes del agua, la temperatura, salinidad, presencia de materia orgánica y pH, lo que hace que estas zonas sean más vulnerables al cambio climático. El incremento en la acidez y la temperatura facilitarían la liberación de los metales del sedimento y la materia orgánica, pudiendo estar biodisponible al componente biótico (Roberts *et al* 2014). De tal manera, que los organismos incorporaran más fácilmente los metales.

En el caso de los invertebrados, particularmente los moluscos y crustáceos que contribuyen significativamente al aporte de proteínas para el humano en las comunidades costeras, son los grupos más vulnerables a los cambios ocasionados por efecto del calentamiento global, dado que los procesos de incorporación de metales en los sedimentos es mayor por las continuas descargas de efluentes industriales y domésticos hacia estos ecosistemas. La calidad de estos productos



pesqueros y la acuicultura disminuirá hasta el extremo de establecer normativas de consumo para evitar los daños a los consumidores, como ya existen en muchas legislaciones internacionales.

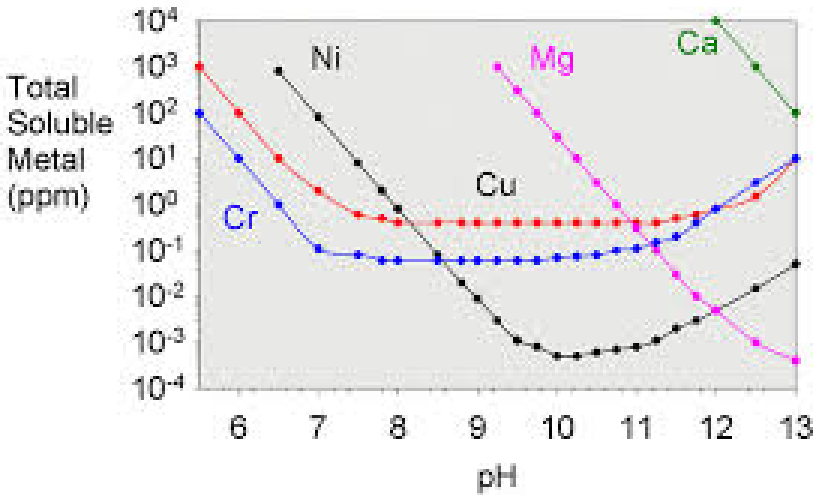


Figura 3. Biodisponibilidad de metales en relación al pH.
 Fuente: <http://www.advancedaquarist.com/>

La concentración de los metales en el océano es solo una parte para la comprensión de las interacciones biológicas y geoquímica de los elementos tóxicos. Los metales disueltos pueden existir en diferentes estados de oxidación y en diferentes especiaciones, estas formas incluyen los iones libres solvatados, complejos orgánicos e inorgánicos. Por lo que el conocimiento de concentración de las diferentes especies son críticas para comprender como las especies químicas interactúan con el componente biológico. Muchos estudios en condiciones controladas han determinado que la mayoría de los metales se encuentran en mayor disponibilidad con una disminución del pH. Algunos estudios predicen que la especiación, podrá determinar mayores especies iónicas a causa del calentamiento global (Fig. 3).

El mercurio por su parte, se acumula en las capas superficiales de los mares más rápido que en las profundidades del océano y puede ser incorporado rápidamente al fitoplancton e iniciar el proceso de biomagnificación a los consumidores primarios y finalmente al hombre.

Desde la revolución industrial, se ha triplicado el contenido de mercurio de las capas superficiales del océano. El mercurio puede ser ampliamente dispersado en todo el mundo cuando se deposita en el agua y el aire, por lo que incluso los sitios muy apartados de las fuentes industriales pueden sufrir rápidamente los niveles elevados de metal. Por varios años, los científicos han advertido que las



mujeres embarazadas y los niños pequeños deben limitar su consumo de ciertos pescados, incluyendo el pez espada y la caballa rey, porque los metales tóxicos como mercurio y plomo se han ido acumulando en estas especies en un grado que hizo que su consumo excesivo ponga en peligro la salud humana. Las mujeres embarazadas están particularmente en riesgo debido a que los metales se pueden acumular en el crecimiento del feto, y en cantidades suficientes pueden causar trastornos graves del desarrollo.

Evidencias de laboratorio

Los estudios llevados a cabo con organismos mantenidos bajo condiciones controladas, han demostrado que la temperatura tiene un efecto significativo en la incorporación de los metales (Khan *et al.*, 2006; Murbina *et al.*, 2007; Negri *et al.*, 2011; Barbieri *et al.*, 201; Zhao-Xiang *et al.*, 2014) sin embargo, en condiciones de campo las interacciones entre los componentes bióticos y abióticos no es fácil de comprender, algunos factores pueden ser sinérgicos y potenciar el efecto de factores sobre los organismos vivos, por lo que resultan más complejos que la sumatoria de los factores, no obstante algunos experimentos llevados a cabo bajo condiciones controladas han determinado tendencias en cuanto a la biodisponibilidad de metales por efecto de las alteraciones en las temperaturas y el pH.

En el pez dulce acuícola *Peteni karussi* expuestos a 1,20 mg.l⁻¹ de Cu a 22°C y 30°C se determinó mayor bioacumulación del metal a esta última (Tabla 1).

Tabla 1. Bioacumulación de cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$ de masa seca) en juveniles de *Peteia kraussi*. (Lemus y Chung, 1999).

| Temperature | Time (days) | | | | Fs |
|-------------|-------------|------------|------------|------------|----------|
| | 7 | 14 | 21 | 30 | |
| 22 °C | 6.86±0.626 | 7.33±0.560 | 7.31±0.767 | 6.54±0.946 | 2.647 Ns |
| 30 °C | 10.31±1.536 | 8.29±1.312 | 9.41±1.908 | 8.55±1.401 | 1.965 Ns |

Ns: no significance ($p>0.05$)

La mayor incorporación del cobre en los juveniles de *P. kraussi* ocurre cuando están expuestos a una dosis elevada (1,2 mg.l⁻¹) y mayor temperatura (Fig. 4), mientras que los organismos expuestos a dosis bajas de este elemento bioesencial tienen la capacidad de regularlas. No obstante, en ambos casos la tasa de crecimiento de los organismos disminuye, siendo mayor en los expuestos a la mayor dosis. Estos resultados ponen en evidencia que los organismos pueden aclimatarse a variaciones menores de metales y temperaturas pero un incremento del calentamiento de los mares está acompañado de un incremento de la bioacumulación de metales.



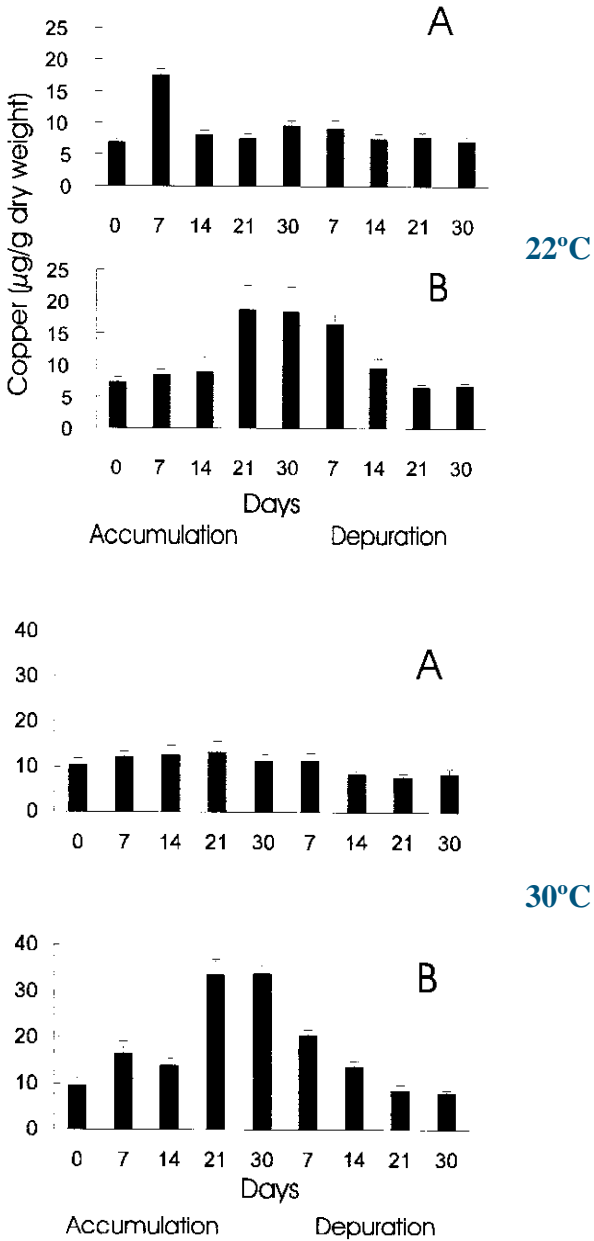


Figura 4. Acumulación y depuración de cobre ($\mu\text{g g}^{-1}$ de masa seca) en juveniles de *Peteia kraussi*. A = $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ y B = $1,20 \text{ mg.l}^{-1}$ (Lemus y Chung, 1999)

Tabla 2. Acumulación de mercurio en *Misgurnus mizolepis* expuesto a 0,1 m.l⁻¹ de HgCl₂ y 0,1 mg L⁻¹ de MeHg a diferentes temperaturas (Pack *et al.*, 2014).

| Exposición (h) | Hg | Concentración de mercurio (µg.kg ⁻¹) | | |
|-------------------|-------------------|--|------------------|-------------------|
| | | 18° | 23°C | 28°C |
| 24 | HgCl ₂ | 95,62 ± 53,29 | 250,46 ± 500,36 | 407,57 ± 70,34 |
| | MeHg | 752,13 ± 157,54 | 2157,74 ± 500,36 | 3516,57 ± 743,17 |
| 48 | HgCl ₂ | 156,36 ± 48,32 | 1057,55 ± 342,21 | 2255,64 ± 396,04 |
| | MeHg | 2822,10 ± 417,27 | 3728,95 ± 542,14 | 4440,31 ± 712,41 |
| 72 | HgCl ₂ | 1100,65 ± 209,80 | 1540,53 ± 255,32 | 2278,21 ± 512,36 |
| | MeHg | 3417,25 ± 526,14 | 4120,82 ± 756,24 | 6723,42 ± 2562,30 |

Otros estudios llevados a cabo en *Misgurnus mizolepis* expuestos a mercurio orgánico e inorgánico, bajo condiciones controladas con diferentes temperaturas determinan que el incremento de la temperatura facilita la incorporación de mercurio en los organismos, siendo más favorable para la incorporación de la especie química metilmercurio, (Tabla 3, Pack *et al.*, 2014).

El cadmio también es otro elemento que se ha incrementado en todos los cuerpos de agua y su efecto también ha sido evaluado en una gran diversidad de organismos marinos determinando efectos fisiológicos y mutagénicos. En el pez *Colossoma macropomun* expuesto a cadmio a diferentes temperaturas experimenta efectos sobre los parámetros hematológicos e inmunológicos. Los eritrocitos presentan principios de hemólisis a 90 mmol/L de NaCl y hemólisis total a 100 mmol L⁻¹. El porcentaje de linfocitos se incrementa como producto de la exposición al Cd y ocurre una disminución de linfocitos significativamente mayor a la temperatura de 30°C. También los trombocitos a Cd/30°C revelaron un significativo aumento en comparación con los expuestos Cd/25°C. por lo que este trabajo determina que el cadmio y la temperatura ejercen un efecto sinérgico sobre el número de trombocitos y afectan individualmente la producción de reticulocitos en el pez (Salazar *et al.*, 2009).

Otro experimento que proporciona una prueba experimental sobre el efecto de pCO₂ y la presencia de metales utilizando el anfípodo *Corophium volutator* fue realizado con los escenarios de niveles de CO₂ realísticos y los proyectados para el año 2100. Los anfípodos fueron expuestos a dos sedimentos de prueba, uno con concentraciones de metales relativamente altas (Σmetals 239 mg kg⁻¹) y un sedimento de referencia con la contaminación inferior (Σmetals 82 mg kg⁻¹) bajo dos condiciones de acidificación de océano (390-1.140 LATM pCO₂). Los sedimentos contaminados se volvieron mucho más tóxicos para *C. volutator*



bajo pCO₂ elevado (1.140 LATM). También hubo un aumento de 2,7 veces en el daño del ADN en anfípodos expuestos al sedimento contaminado en 750 pCO₂ LATM, así como un mayor daño del ADN en los organismos expuestos al sedimento de referencia, pero sólo en 1140 pCO₂ LATM. (Roberts *et al.*, 2013). Los datos demuestran un claro potencial de la acidez de los océanos para potenciar la susceptibilidad de los ecosistemas bentónicos a los contaminantes en un futuro cercano. Los estudios descritos anteriormente señalan la importancia de los factores físico-químicos sobre la toxicidad de los metales para los organismos y sin duda alguna el cambio climático está creando condiciones favorables para la biodisponibilidad de los metales, particularmente en las zonas más vulnerable, las costeras y por excelencia los sitios de captura y cultivo de recursos pesquerías.

Cambio climático, metales pesados y efectos fisiológicos

El aumento de la acidez y la temperatura de océanos y mares, determinará en gran parte una mayor biodisponibilidad de metales pesados para el componente biótico, que causará un aumento en el factor de bioconcentración (FBC) en sus tejidos, inducidos por un aumento en la fluidez de las membranas biológicas, ocasionando una mayor biomagnificación en la cadena trófica. Los organismos expuestos a metales pesados experimentarán un conjunto de alteraciones fisiológicas y bioquímicas que determinan alteraciones en su crecimiento y cambios en los patrones de reproducción. Una vez que los metales son incorporados al organismo a través de transporte activo o pasivo, bien sea a través de las branquias o de la alimentación, se compartimentaran en los tejidos, siendo los más relevantes los tejidos parenquimatosos de la glándula digestiva y las branquias.

Estos metales en la célula inducen la síntesis de muchas proteínas entre las que se encuentran las Hsp y proteínas de bajo y elevado peso molecular, que intervienen en los procesos de incorporación, metabolización y depuración. La mayoría de los metales bioesenciales o no, que se encuentren en concentraciones tóxicas para los organismos van a inducir un estrés oxidativo en los organismos que puede ocasionar, alteraciones, inducción de metalotioninas (Guinot *et al.*, 2012), daños en las moléculas, un ejemplo de ello es la peroxidación de las membranas (Vlachogianni, 2007) y daños en el ADN (Vlachogianni *et al.*, 2006), poniendo en riesgo la sobrevivencia y reproducción de los organismos (Fig 5).

Los efectos causados por la incorporación de metales, mencionadas anteriormente, demandan gran cantidad de energía para contrarrestar y combatir el efecto de los metales y las temperaturas cálidas, disminuyendo su capacidad de crecimiento (relación ARN/ADN) y esto por supuesto los hace más susceptibles a enfermedades y e infecciones que también se incrementarán con el calentamiento global.

Sin duda alguna un incremento de la temperatura acompañado de un mayor transporte de las membranas y una transferencia de metales más eficiente, esto



estará acompañado de un aumento en la tasa respiratoria pues su metabolismo basal se comprometerá ante la situación de estrés y el organismo aumentará su tasa respiratoria incrementando la liberación de CO₂ al agua, de esta manera también formará parte del aumento en la acidez del cuerpo de agua.

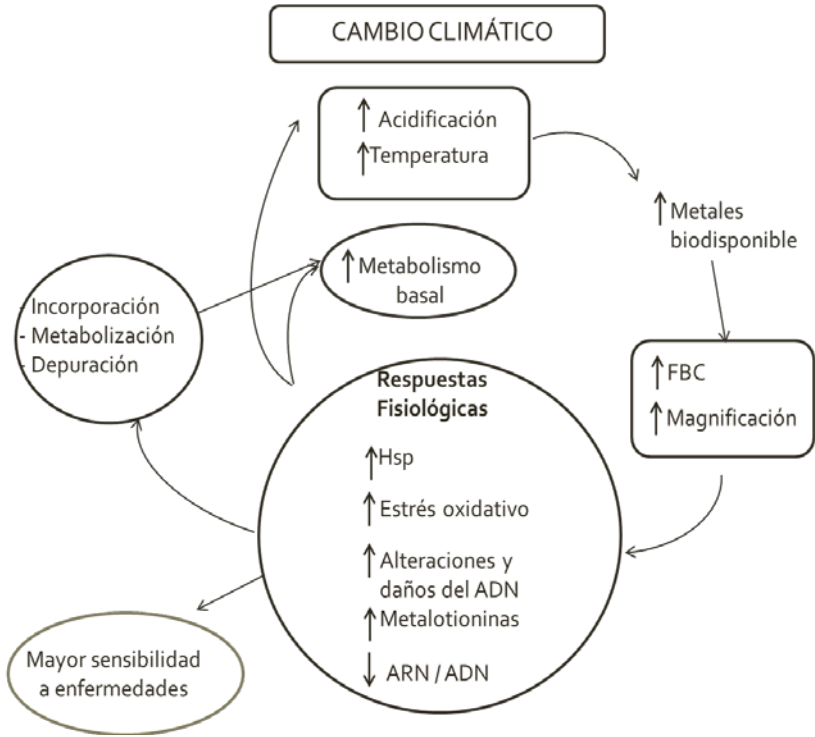


Figura 5. Efecto del cambio climático sobre la acidificación y calentamiento global de los océanos y sus repercusiones sobre la toxicidad de metales en los organismos. El aumento en los niveles de CO₂ acompañado de una disminución del pH que favorece la biodisponibilidad de los metales, incrementando el FBC y la bio-magnificación. Las respuestas fisiológicas de los organismos a una mayor incorporación de metales determinará la capacidad de sobrevivencia, aclimatación y la capacidad de poder enfrentar otro tipo de enfermedades bacteriales y virales. A su vez estos procesos demandan un gasto de energía importante con una mayor liberación de CO₂ para activar los procesos de metabolización y depuración de los metales que han sido incorporados a la célula. FBC: Factor de bioconcentración, Hsp: proteínas de choque térmico (Heat Shock Proteins).



Conclusiones

El cambio climático determinará cambios significativos en los ecosistemas y repercutirá negativamente en los recursos pesqueros, principalmente aquellos asociados a las zonas costeras y con desplazamiento limitado, aunque, los invertebrados tienen una gran plasticidad y aclimatación a condiciones ambientales en la zona costera, los mecanismos adaptativos no serán suficientes para garantizar la sobrevivencia de los organismos y la estabilidad o equilibrio de los ecosistemas. Aunque los modelos globales predicen posibles consecuencias del cambio climático, las predicciones son difíciles de identificar y atribuir a causas particulares, debido a la complejidad de los procesos involucrados.

Referencias

- Barberia E, Doi SA. 2011. The effects of different temperature and salinity levels on the acute toxicity of zinc in the Pink Shrimp (*Farfantepenaeus paulensis*). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* .44(4):251-263.
- Guinot D, Ureña R, Pastor A, Varó I, Del Ramo J, Torreblanca A. 2012. Longterm effect of temperature on bioaccumulation of dietary metals and metallothionein induction in *Sparus aurata*. *Chemosphere* 87:1215-1221.
- Khan M, Ahmed S, Catalin B, Khodadoust A, Ajayi O, Vaughn M. 2006. Effect of temperature on heavy metal toxicity to juvenile crayfish, *Orconectes immunis* (Hagen). *Environmental Toxicology*. 21: 513-520.
- Lemus M. Y K S. Chung. 1999. Thermal effect of copper toxicity in *Petenia kraussi* juveniles. *Caribbean Journal of Science*.35:64-69.
- Mubiana, V. K., Blust, R. 2007.Effects of temperature on scope for growth and accumulation of Cd, Co, Cu and Pb by the marine bivalve *Mytilus edulis*. *Marine Environmental Research*. 63(3):219-235.
- Negri A, Oliveri C, Sforzini S, Mignione F, Viarengo A, Banni M. 2013. Transcriptional response of the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lam.) following exposure to heat stress and copper. *PLoS ONE* 258(6): e66802.
- Oetken M, Jagodzinski LS, Vogt C, Jochum A, Oehlmann J. 2009. Combined effects of chemical and temperature stress on *Chironomus riparius* populations with differing genetic variability. *Journal of Environmental Science and Health*.44, 955-962.
- Pack EC, Kim CH, Lee SH, Lim CH, Sung DG, Kim MH, Park KH, Hong SS, Lim KM, Choi DW, Kim SH. 2014. Effects of environmental temperature change on mercury absorption in aquatic organisms with respect to climate warming. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 77:1477-1490.
- Roberts DA, Birchenough. SNR, Lewis. C, Sanders. MB. Bolam T, Sheahan D. 2013. Ocean acidification increases the toxicity of contaminated sediments. *Global Change Biology*.19:340-351.
- Salazar-Lugo R, León A, Lemus M. 2009. Efecto del cadmio y de la temperatura sobre el conteo de células sanguíneas del pez dulceacuícola *Colossoma macropomum*. *Revista Científica*, XIX(1):7-14



- Vlahogianni T. 2007 Heavy-metal effects on lipid peroxidation and antioxidant defence enzymes in mussels *Mytilus galloprovincialis*. *Chemistry and Ecology* 23:361-371.
- Zhao-Xiang H, Dan-Dan W, Jue W, Chun-Xia L, Yu-Rong L. 2014. Effects of ocean acidification on toxicity of heavy metals in the bivalve *Mytilus edulis* L. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*. 44: 133-139.
- Valavanidis A, Vlahogiannia T, Dassenakisb M, Scoullou M. 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 64: 178–189.



Evaluación de la distribución del contenido total y biodisponibles de los metales pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en sedimentos superficiales del estero de Santa Rosa, Provincia De El Oro, Ecuador

Senior W¹., Valarezo C¹., Sánchez O¹., Jacome N. C¹., Tobar-Ordoñez J. A²., Collaguazo-Yaguachi A. F³, Hernández D⁴., Rodríguez G⁴., Benítez A⁴., Fermín I., De La Cruz R⁴. Y Márquez A⁴.

¹ Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Acuicultura.

² Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud.

³ Universidad Técnica de Machala, Facultad de Sociales, Escuela de Gerencia Ambiental.

⁴ Departamento de Oceanografía, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Venezuela.

E-mail: senior.william@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo se analizó la concentración de Cu, Cd, Pb y Hg en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa, Provincia de El Oro, Ecuador. Las concentraciones de estos elementos fueron muy elevadas para la mayoría de las muestras analizadas en todos los puntos de muestreo seleccionados. Su distribución no fue homogénea, ni presentó un patrón geográfico marcadamente definido, pudiéndose encontrar altos niveles distribuidos a lo largo del estero estudiado.

Introducción

Los metales pesados constituyen uno de los contaminantes más importantes en el medio ambiente debido a su elevada persistencia y toxicidad. Los metales traza forman parte de los ciclos biogeoquímicos naturales. Algunos de estos metales pesados son móviles, lo que facilita su transporte y disposición en fuentes lejanas a donde se generan, cuando el carácter biogeoquímico del ambiente depositacional cambia, algunos aspectos fisicoquímicos de los sedimentos como el tamaño de grano y la presencia de materia orgánica predisponen la presencia



de estos elementos y facilitan su precipitación y acumulación, estos cambios fisicoquímicos se pueden ver favorecidos por causas naturales o antropogénicas. Los principales procesos naturales que movilizan metales traza son: intemperismo de las rocas, desgasificación, vulcanismo terrestre y submarino y procesos relacionados con los sedimentos marinos.

Entre las principales causas de movilización antropogénica están los procesos industriales y minero-metalúrgicos, producción de cemento, consumo de combustibles fósiles, fertilización de suelos, extracción de petróleo, etc.

Las contribuciones antropogénicas de metales traza a los estuarios y sedimentos costeros y marinos son introducidas a través de las aguas de escurrimiento, incluyendo los ríos; razón por la cual, los metales pesados se presentan en diferentes formas en el ambiente acuático. Los principales reservorios abióticos de metales son: la columna de agua, los sedimentos suspendidos y depositados y el agua intersticial. Cuando se alteran las condiciones redox se puede provocar un incremento en las concentraciones de metales y así, por procesos de difusión, compactación y bioturbación, afectar la concentración de los mismos en aguas adyacentes.

El estero Santa Rosa es el brazo de agua más importante del sur del Ecuador. Sin embargo, no existe a nivel Nacional bibliografía disponible con información suficiente sobre la distribución de metales pesados en la zona, por lo que el estudio reviste una gran importancia, debido a que estos elementos pueden ser acumulados en organismos bentónicos y podría afectar la cadena trófica en los ecosistemas marinos presentes.

En el presente trabajo se evaluó la distribución espacial del contenido total y biodisponibles de metales pesados en sedimentos superficiales del Estero de Santa Rosa, Provincia de El Oro.

Materiales y métodos

Toma de muestras

Se colectaron un total de diecinueve muestras de sedimentos de fondo, cuya posición está indicada en la Tabla I. Desde la desembocadura del río Santa Rosa hasta la zona conocida como la Isla del Amor.

Las muestras fueron inmediatamente guardadas en bolsas de plástico, previamente lavadas con una solución de HNO_3 al 10%. Se mantuvieron al abrigo del sol y refrigeradas con hielo hasta la llegada al laboratorio para su preservación en un congelador a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ hasta su tratamiento. Posteriormente las muestras se secaron en una estufa a $40\text{ }^\circ\text{C}$ durante 72 horas.

Una vez secas, las muestras fueron trituradas, molidas y pulverizadas en un mortero de porcelana para su análisis en la fracción inferior al 63 mm.



Análisis de metales

Los metales se determinaron utilizando la técnica de Carmody *et al.* (1973) y Martínez (2002). Se pesó 1,00 g de muestra de sedimento seco y se sometió a una digestión con 5 ml con una mezcla azotrópica de ácido nítrico, ácido clorhídrico y ácido perclórico, 3:2:1 por tres horas para lograr la mineralización total del sedimento. Los extractos se filtraron y se diluyeron en balones aforados con agua desionizada a un volumen constante de 25 ml, para ser cuantificados por Absorción atómica de llama (Aire-Acetileno).

Para la evaluación de los metales biodisponibles se pesó 1,00 g de cada una de las muestras de sedimento seco y se sometieron a una digestión con ácido acético 10% con agitación constante por 5 horas a temperatura ambiente. Esta fracción contiene los metales adsorbidos en la superficie de las partículas, asociados con los carbonatos y los oxihidróxidos de Fe y Mn, los cuales se encuentran biodisponibles para los organismos marinos.

Para la determinación del mercurio se utilizó el método CVAA (Cool Vapour Atomic Absorption Spectrometry), basado en la reducción de los compuestos de mercurio presentes en la muestra a metal libre, mediante la digestión de la muestra con ácido nítrico. A 5 ml del filtrado se le agregaron 5 ml de ácido nítrico al 1,5 %, en envases de reacción, estos fueron llevados a las celdas de lectura en el espectrómetro de absorción atómica, donde se les añadió un volumen de Borohidruro de sodio al 3%, diluido en hidróxido de sodio al 1 %; las concentraciones se determinan por altura de pico, sin llama. Este método permite la medición de las concentraciones del metal a través del desprendimiento de vapor, manteniendo las celdas a temperatura ambiente, (EPA, 1999).

Para evaluar la calidad analítica de las extracciones de los metales, se utilizó un estándar de sedimento certificado patrón MESS-3 (Marine Sediment Reference Materials for Trace Metals and other Constituents). Los porcentajes de extracción de metales fueron bastantes representativos, tal como lo demuestran las desviaciones estándar significativamente bajas obtenidas con el rango aceptable y el valor del estándar certificado (Tabla II).

La Tabla III. Muestra los análisis por triplicado de muestras de sedimentos del estero Santa Rosa escogidas al azar y la reproductibilidad del método.

Resultados y discusión

La distribución de Pb total en los sedimentos de la zona estudiada se muestra en la Fig. 1. Las concentraciones encontradas variaron entre 11,33 mg/kg y 28,55 mg/kg, con un valor promedio de 18,66 mg/kg. El Pb es un metal que reconocidamente tiene un aporte antropogénico, cuya magnitud ha alcanzado niveles globales, siendo su principal fuente la atmósfera (Erel *et al.*, 1982; Flegal *et al.*, 1987., Salamanca y Jara, 2003).



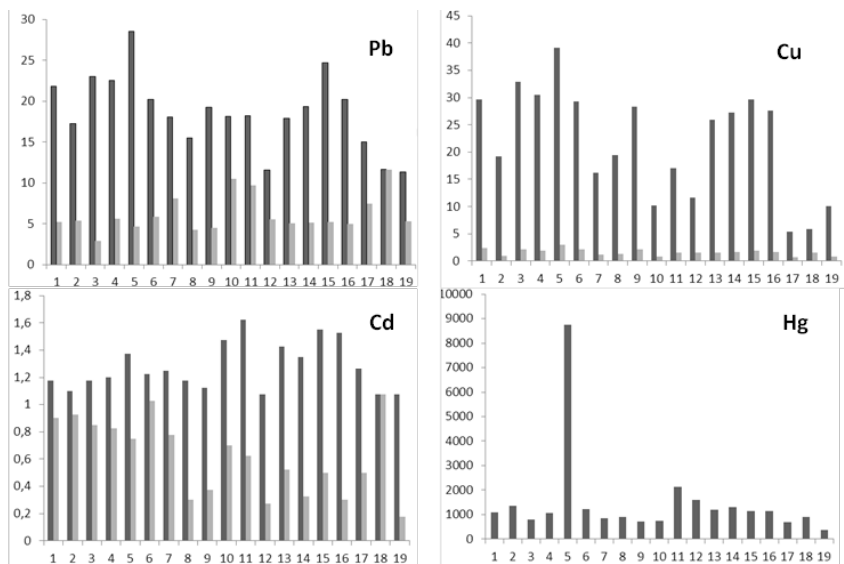


Figura 1. Distribución de metales en sedimentos superficiales del estero Santa Rosa en las estaciones examinadas. Las barras negras corresponden a concentración total, la barra gris corresponde a la concentración disponible. Los datos están expresados en mg/g.

Sadiq (1992) señala que los valores de Pb Total en los sedimentos no deben ser mayores a 5 mg/kg, valor que es ampliamente superado en los sedimentos del estero Santa Rosa, lo cual sugiere que este ecosistema presenta contaminación por este metal.

Las más elevadas concentraciones de Pb fueron detectadas hacia el sur del estero Santa Rosa y en la desembocadura del estero Guajaval, mientras que los valores más bajos se registraron en las desembocaduras del estero El Bravo y Chiverías. Fermín (2002) reportó para la Laguna de Unare, este venezolano un valor mínimo de plomo total de 10,80 mg/kg, y un valor máximo 43,80 mg/kg, con un promedio de 29,00 mg/kg, concentraciones muy superiores a las registradas en el estero Santa Rosa.

Senior & Aparicio (1992) reportaron un valor promedio de plomo de 24,03 mg/kg, y la distribución de las concentraciones de este metal, que señalan estos investigadores. Senior *et al.* (1999) encontraron un valor promedio de plomo de 11,81 $\mu\text{g/g}$, siendo este promedio inferior al encontrado por Senior & Aparicio (1992) y al registrado en esta investigación.

Senior & Castañeda (1997) reseñan un valor promedio de 11,7 mg/kg, para los sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos, y consideran que, según lo señalado por Sadiq (1992), el valor límite de plomo para sedimentos no contaminados es de 5 mg/kg, razón por la cual estos autores consideran que en



esta bahía existe contaminación por este metal. Por su parte, Hernández (1998) registró un valor promedio de plomo, para los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, de 8,66 mgk/g, y tomando como valor límite de contaminación el señalado por Sadiq (1992) considera que existe contaminación por plomo en este ecosistema. Comparando estos resultados con los obtenidos en esta investigación se podría sugerir la existencia de contaminación por plomo en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa.

Las concentraciones del Pb biodisponible estuvieron comprendidas entre 2,90 mg/kg y 16,55 mg/kg, con un valor promedio de 6,41 mg/kg (Fig. 1). De estos resultados se desprende que alrededor del 30% del Pb Total está biodisponible en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa.

Estos resultados indican que existe un claro aporte antrópico de plomo hacia el estero, el cual podría estar vinculado a la emisión de gases provenientes del tránsito de vehículos por las carreteras que bordean el ecosistema, así como también al uso de pinturas, materiales de construcción y otros enseres que contengan plomo en su fabricación, sin olvidar la intensa actividad pesquera que se ejerce en el ecosistema, mediante la utilización de embarcaciones con motores fuera de borda. Por ser un elemento considerado como un contaminante altamente tóxico, que acarrea graves consecuencias a los humanos, se hace necesario el monitoreo constante de este metal en el estero Santa Rosa.

Villaescusa *et al.*, (1997) señalan la existencia de una variación en los porcentajes de este metal asociado a la fracción residual que osciló entre 34 y 88 % del metal total, registrado en sedimentos superficiales de la zona limítrofe entre México y Estados Unidos, y la menor proporción (10 %) se asocia a la fracción intercambiable; Belzunce *et al.*, (1997) reportan una asociación del plomo con la fases móviles, entre un 19 y 42 %, en sedimentos superficiales de la Ría de Vigo, e indican que aproximadamente un 53 % del plomo se asocia a la fracción residual, y afirman estos autores que existe un evidente flujo antropogénico de este metal hacia este ecosistema, siendo transportado principalmente por vía atmosférica.

Izquierdo *et al.* (1997) reportaron que el plomo es uno de los metales que presenta una menor asociación con la fracción residual (< 50 %), en cuatro esteros estudiados de las costas españolas y, por otra parte, presenta una importante proporción asociada a los carbonatos de aproximadamente 25 ó 30 %, e indican que esto es propio de zonas intervenidas que reciben aportes de este metal. Klavins & Virkavs (2001) indicaron un importante aporte de plomo al ecosistema estudiado, y reportan un 15 % de plomo asociado a la fracción de carbonatos y un 44 % a la fracción residual, en un estudio realizado los sedimentos pantanosos de Latvia.

Aguilera (2005) reportó que la fracción biodisponible (intercambiables y carbonatos) de la bahía oeste presentó una proporción considerable de este metal en casi todas las estaciones, que en conjunto con la fracción biodisponible de la bahía este, indica una entrada reciente de Pb a los sedimentos marinos del Morro de Puerto Santo (Venezuela) de origen antrópico, producto de la intensa



actividad pesquera, tráfico de embarcaciones y a las aguas del lavado de las calles que son arrastradas en épocas de lluvias a las áreas costeras.

Rodríguez *et al.*, (2012) en un estudio sobre la biodisponibilidad de metales pesados en los sedimentos superficiales de la zona costera de Cumaná, estado Sucre, Venezuela, reportaron que las concentraciones de Pb biodisponible oscilaron entre ND y 2,70 mg/kg con un valor promedio de 1,43 mg/kg durante la temporada de lluvia y entre ND y 3,07 mg/kg, con un valor promedio de 0,95 mg/kg en la época seca.

Las concentraciones del Cu total detectados en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa oscilaron entre 5,42 mg/kg y 39,17 mg/kg, con un valor promedio de 21,85 mg/kg (Fig. 1). Los valores más elevados se registraron hacia el sur del ecosistema y en la desembocadura de los esteros Saca la Mano Grande y Guajaval. Mientras que los valores más bajos se registraron en el norte del estero y en la desembocadura del estero El Bravo.

Sadiq (1992) establece como el valor máximo de Cu de 10 mg/kg como valor límite de contaminación, lo cual indicaría que estamos al frente de un ecosistema contaminado por este elemento.

Las concentraciones de Cu biodisponible oscilaron entre 0,75 mg/kg y 2,93 mg/kg (Fig. 2), con un valor promedio de 1,61 mg/kg, representando un 9,5% del Cu Total. Esto indica que casi el 15% del Cu registrado en los sedimentos del estero se encuentran biodisponible para la fauna que lo habita.

Los más bajos valores se registraron en las desembocaduras de los esteros Calavera, El Bravo, Chivería y Jambelí.

Sadiq (1992) señala que los valores naturales de cadmio se encuentran por debajo de 1 mg/kg y Fergusson (1990) indica que las concentraciones en sedimentos no contaminados con Cd están en un margen <0,1-0,5 mg/kg.

El Cd total en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa estuvo comprendido entre 1,08 mg/kg y 1,63 mg/kg, con un valor promedio de 1,28 mg/kg (Fig. 1).

Las más elevadas concentraciones se detectaron hacia la desembocadura del estero El Bravo y ligeramente al sur del mismo y en la desembocadura del estero Guajaval, mientras que los más bajos valores se registraron hacia el sur del estero Santa Rosa y al norte del mismo, pero siempre superiores a 1 mg/kg, lo cual sugiere la existencia de contaminación por este elemento en el ecosistema evaluado.

Senior y Aparicio (1992) reportaron para los sedimentos superficiales de la laguna de Unare, Venezuela, valores promedios de 0,99 mg/kg.

Fermín (2002) en su estudio de la laguna de Unare, Venezuela, indica que los valores de cadmio total, en los sedimentos superficiales variaron desde un mínimo valor de 0,46 mg/kg, hasta un valor máximo de 2,68 con un promedio de 1,51 mg/kg.

Acosta *et al.*, (2002) señalan, para la región central y oriental de Venezuela, que los niveles de Cd obtenidos en los sedimentos superficiales de Playa Güiria estuvieron por debajo del valor límite de 1,0 mg/kg para sedimentos no



contaminados para ambientes marinos (Sadiq, 1992), siendo los encontrados en Río Chico cercanos al límite (1,28 mg/kg). No obstante, en Boca de Paparo se reportaron valores muy superiores (23,7 mg/kg), reafirmando los altos niveles en la zona, lo cual indica origen doméstico-industrial.

Fuentes (1998) registró un valor promedio igual a 0,23 mg/kg en los sedimentos superficiales de la laguna de Chacopata, valor bastante bajo en comparación con lo encontrado en el estero Santa Rosa. Esta autora, tomando como base el límite señalado por Sadiq (1992) para sedimentos contaminados por cadmio que es igual a 1 $\mu\text{g/g}$, concluye que en la Laguna de Chacopata no existe contaminación por cadmio.

Senior y Castañeda (1997) reportaron un valor promedio de cadmio, para los sedimentos superficiales de la Bahía de Pozuelos, igual 0,03 $\mu\text{g/g}$, y consideran que en esta bahía no existe contaminación por este metal, ya que su concentración se encuentran por debajo del valor establecido como límite mencionado anteriormente; estos mismos autores afirman que en la Bahía de Bergantín existe una clara contaminación por cadmio, y señalan valores que variaron entre 0,49 y 3,00 $\mu\text{g/g}$ de este metal en los sedimentos superficiales de la misma.

Márquez *et al.*, (2012) señalaron concentraciones de Cadmio entre no detectado (ND) y 1,39 mg/kg, en los sedimentos superficiales del río Orinoco.

Si se toma en consideración lo señalado por estos autores, aunado al hecho de que este valor considerado como límite es inferior al valor promedio de cadmio encontrado en el presente estudio, sería importante conocer el porcentaje de este total que corresponde a la fracción biodisponible, para tener una idea más clara de lo que ocurre con el cadmio en los sedimentos superficiales del estero Santa Rosa.

Las concentraciones de Cd biodisponible (Fig. 3) estuvieron comprendidas entre 0,18 mg/kg y 1,08 mg/kg, con un valor promedio de 0,62 mg/kg, superior al señalado por Fergusson (1990) para sedimentos no contaminados.

Alrededor del 30 % del Cd total se encuentra biodisponible en los sedimentos del estero para los organismos que lo habitan.

Márquez *et al.* (2012) señalan que del Cd total, la fracción F1, o fracción fácilmente extraíble, tuvo valores entre 0 - 22,97 % y el resto tuvo asociado a las fracciones F2 y F3, lo cual representa entre 2,03-85,44 %, en los sedimentos superficiales del río Orinoco.

Estos mismos autores señalan que en el río Orinoco, Venezuela, la presencia del cadmio puede estar relacionada a aguas de descargas, así como, al uso de fertilizantes en la agricultura que se desarrolla en las zonas aledañas de su cauce.

En sedimentos de pantanos en Latvia (Republica de Latvijas) se ha reportado una gran afinidad del Cd por la fracción de carbonatos, señalando que este elemento tiene un potencial impacto en los procesos biológicos y en los ecosistemas acuáticos. Por otra parte en sedimentos del mismo río evaluado, se encontraron valores de 23 % en la fracción biodisponible y un 22 % asociado a los óxidos de Fe/Mn, así como, un 27 % a la fracción residual. El Cd está asociado en su



mayoría a la fracción biodisponible en el río Tietê-Pinheiros, Brasil (Da Silva *et al.* 2002) y en sedimentos del río Anyang, Corea del Sur (Lee *et al.*, 2003). Las concentraciones de Cd presente en cualquier ecosistema pueden tender a bioacumularse y biomagnificarse por lo que siempre es necesario vigilar y estudiar a detalle su comportamiento, para así verificar y evitar una posible contaminación.

La distribución del mercurio total es mostrada en la Fig. 1. Las concentraciones variaron entre 367,5 mg/kg y 8755 mg/kg, con un valor promedio de 1471,05 mg/kg.

De estos valores es evidente el deterioro que presenta el ecosistema en sus sedimentos, ampliamente contaminados por este metal.

Las más elevadas concentraciones se detectan hacia el sur del ecosistema disminuyendo en dirección al norte, donde se registraron valores ligeramente inferiores a 1000 mg/kg.

Si bien los valores de mercurio total en sedimentos correspondientes a los ríos de la cuenca del Amazonas son hasta dos órdenes de magnitud superiores a los publicados para cuerpos de agua en Argentina, éstos últimos superan en la mayoría de los casos el nivel guía para calidad de sedimentos de la norma canadiense (0,10 mg Hg/kg) (EC, 2002) y el valor de referencia de la norma holandesa (0,3 mg Hg.Kg-1) (IADC/CEDA, 1997).

El mercurio es uno de los elementos más tóxicos, y su toxicidad en humanos está bien establecida. El hombre y la naturaleza son los principales contribuyentes a la contaminación por mercurio, y los aportes antropogénicos son más significativos que los aportes de fuentes naturales, ya que, el hombre ha usado el óxido de mercurio (HgO) y el cinnabar (HgS) como un pigmento o un cosmético desde los tiempos prehistóricos. En la actualidad, el mercurio es extensivamente usado en plantas de cloro, procesos y productos eléctricos, pinturas, instrumentos y en la industria odontológica, por esta diversidad de usos se considera a los aportes antropogénicos como la principal fuente de contaminación por mercurio hacia el medio ambiente marino (Sadiq, 1992).

Es indudable que la actividad minera que se desarrolla en la parte alta de la Provincia de El Oro está al origen de estos valores, y que llegan al estero a través del río Santa Rosa y otros.

Las extracciones de oro, al utilizar mercurio y cianuro como métodos de separación, han producido contaminación en sistemas de agua dulce. El río Amazonas es una de las regiones más estudiadas en relación a la contaminación por mercurio producto de dicha actividad (Lacerda, 1997; Artaxo *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2002).

Shrestha *et al.*, (1987), en sedimentos del río Manzanares, encontraron una concentración de mercurio que varió entre 0,01 y 0,53 mg/kg, con un promedio de 0,10 µg/g, estando las mayores concentraciones asociadas a zonas donde se descargan aguas servidas.



Fermín (2002) reporta que el valor promedio de mercurio total fue de 0,13 mg/kg, siendo el valor máximo 0,18 mg/kg y el valor mínimo 0,08 mg/kg registrado.

Sadiq (1992) señala como valor límite para sedimentos no contaminados por mercurio 0,05 mg/kg, y valores por encima de éste pueden sugerir contaminación por este metal. El valor promedio registrado en el presente estudio está muy por encima de lo señalado por este autor, lo que significa una fuerte contaminación por mercurio; pero, por otra parte, Izquierdo *et al.*, (1997) consideran que los niveles de mercurio encontrados en los sedimentos superficiales de dos puntos de la Bahía de Cádiz son valores característicos de ambientes no contaminados, registrando como promedios 0,7 y 0,9 mg/kg de mercurio.

Belzunce *et al.*, (2001) encontraron valores de mercurio entre 0,1 y 13 mg/kg en sedimentos del estuario Nervión en el norte de España, y señalan la existencia de contaminación por este elemento en la región media del estuario. Díaz, *et al.*, (2001) reportaron, en sedimentos superficiales de Bahía San Vicente en Chile, concentraciones de mercurio que variaron entre 0,37 y 0,95 $\mu\text{g/g}$, y afirman que son niveles altos productos de una intervención antrópica.

Fermín (2002) reporta que el mercurio en los sedimentos superficiales de la laguna de Unare se comportó de manera bastante diferente al resto de los metales ya descritos, ya que, al contrario de los otros, presenta sus mayores porcentajes en las fracciones biodisponibles, principalmente en la fracción II, asociada a los carbonatos, representando un poco más del 65 % del mercurio encontrado en toda el área lagunar, y llegando a presentarse en algunas estaciones aproximadamente el 90 % del mercurio registrado, la fracción III representa el segundo mayor porcentaje, seguido de las fracciones IV y I, lo que nos indica que en promedio más del 70 % del mercurio que se encuentra en la laguna de Unare, es de origen antrópico.

La Organización Mundial de la Salud establece como concentración límite de mercurio, en peces para consumo humano, 1 mg/kg, y para mujeres embarazadas este valor no debe sobrepasar 0,5 mg/kg (WHO, 1989). En humanos, concentraciones subletales de 5 a 10 mg/kg produce alteraciones del sistema nervioso y malformaciones fetales (EPA, 1995).

El Código Alimentario Nacional de Argentina establece como dosis máxima de mercurio 0,01 mg/l, en alimentos para consumo humano (Dandan, 2001) y la FAO estima que en peces para consumo humano la concentración máxima de mercurio no debe exceder a 0,5 mg/kg (FAO, 2002).

La suma de las concentraciones medias de mercurio en las fracciones biodisponibles de los sedimentos superficiales de la laguna de Unare (0,09 mg/kg) no supera el valor máximo establecido por la Organización Mundial de la Salud ni se acerca a los niveles subletales establecido por la EPA. No obstante, es importante aclarar que la concentración de los metales se magnifica cuando asciende en la cadena trófica (Belzunce *et al.*, 2001), por lo que es probable que la concentración de mercurio en peces y camarones de la laguna de Unare pueda ser muy superior al encontrado en los sedimentos. Además, lo más importante en



el caso del mercurio, es que su origen es principalmente antrópico, y conociendo su alta toxicidad, se hace necesario, primero la identificación de las fuentes de este metal al ecosistema, así como también un monitoreo constante de las concentraciones totales y biodisponibles de mercurio en agua y sedimentos de la laguna, y la concentración total en organismos residentes de la misma.

Márquez *et al.*, (2012) reportan que el análisis de mercurio presentó valores no detectables. Los resultados demostraron que las concentraciones, en sedimentos superficiales del río Orinoco, máximas para la mayoría de los metales se encontraron en las estaciones con mayor contenido de lodos, materia orgánica y carbonatos.

Estas sustancias son fácilmente acumulables en los sistemas de marismas, y su impacto ambiental es, en algunos casos, complejo de prever. Este trabajo pone de manifiesto un potencial y grave problema ambiental, debido al elevado contenido total de metales pesados en los sedimentos, de donde pueden ser capturados por parte de la vegetación (Luque, 1996), y posteriormente ser transmitidos a herbívoros, además de ser incorporados directamente por los numerosos organismos sedimentófagos presentes en este hábitat. El mayor peligro reside no sólo en la contaminación por metales pesados en sí, sino en su incorporación a la productiva red trófica estuarina, en su magnificación y bioacumulación en los organismos, y en la dificultad para su eliminación. Además hay que indicar que algunos recursos pesqueros y marisqueros, especialmente en el sur del estuario, son explotados actualmente.

Sin embargo, Adam (1990) y Williams *et al.*, (1994) comentan que aunque a veces se han registrado altísimos niveles de iones de metales pesados en los sedimentos de marismas, no han sido advertidos síntomas de toxicidad aguda en plantas. Así, a pesar del alto contenido de metales pesados y su vasta distribución en el estero Santa Rosa, no se han observado evidencias que reflejen alteraciones en la comunidad vegetal, ni en otros organismos, aunque no se descarta que pudieran existir algunos ecotipos vegetales originados por procesos selectivos, capaces de soportar estas altas concentraciones.

Fergunsson (1990) señaló que las variaciones observadas en el contenido de metales trazas biodisponibles en sedimentos superficiales pueden ser producto de la disolución de los sedimentos al mezclarse con sedimentos marinos menos contaminados; al efecto de la acción de masa que puede incrementar la concentración de cationes en el agua salada; la producción de ligandos orgánicos, los cuales pueden movilizar los metales desde los sedimentos hasta la solución cuando ocurre el decaimiento de la materia orgánica; la alteración de la mezcla de especies sólidas (arcillas y materia orgánica) y por cambios en la distribución del grano o partículas, dependiente de la batimetría y las corrientes superficiales y profundas.

Existen numerosos estudios que demuestran la contaminación en sedimentos de sistemas de agua dulce producto de las actividades mineras (Moore & Luoma, 1990; Lacerda, 1997; Artaxo *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2002; Shuhaimi-Othman, 2008). La actividad minera es un ejemplo claro de contaminación,



principalmente por metales pesados. Los metales que se encuentran en los desechos (arsénico, cadmio, cobre, plomo, zinc y plata) ingresan a los arroyos y ríos como solutos y en suspensión, y contaminan sedimentos del río aguas abajo de la zona de producción minera (Moore & Luoma, 1990). Por ejemplo, las extracciones de oro, al utilizar mercurio y cianuro como métodos de separación, han producido contaminación en sistemas de agua dulce.

El río Amazonas es una de las regiones más estudiadas en relación a la contaminación por mercurio producto de dicha actividad (Lacerda, 1997; Artaxo *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2002).

Existen numerosos estudios sobre las características que afectan la biodisponibilidad de ciertos metales, como cobre, cadmio, níquel, plomo y zinc, en relación a la toxicidad sobre invertebrados bentónicos para el desarrollo de niveles de referencia y criterios de calidad de sedimentos (Di Toro *et al.*, 1991; Berry *et al.*, 1996; Besser *et al.*, 1996; Besser *et al.*, 2003; USEPA, 2005); sin embargo ese tipo de información para metales como el mercurio es escasa.

Conclusiones

En base al diagnóstico realizado podemos concluir que el estero Santa Rosa presenta una fuerte contaminación de los sedimentos superficiales por metales como el Pb, Cu, Cd, y Hg. El establecimiento de un muestreo constante de los organismos que habitan se revela como una necesidad debido a la actividad pesquera, la siembra de conchas y la acuicultura que se desarrolla ampliamente.

Agradecimientos

Al Programa PROMETEO de la SENESCYT (Secretaría de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, Ecuador.) por la oportunidad brindada para el desarrollo del presente Proyecto.

Referencias

- Acosta V, Lodeiros C, Senior W y Martínez G (2002) *Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela*. *Interciencia*. v.27 n.12. pp: 686-690.
- Adam P (1990) *Saltmarsh ecology*. Cambridge University Press. Cambridge. Gran Bretaña. 461 p.
- Aguilera D (2005) *Evaluación geoquímica de los sedimentos superficiales de las bahías este y oeste del Morro de Puerto Santo, estado Sucre, Venezuela*. Trabajo de postgrado. Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Cumaná.



- Artaxo P, De Campos RC, Fernandes ET, Martins JV, Zifan X, Lindqvist O, Fernandez-Jimenez MT & Maenhaut W (2000) *Large scale mercury and trace element measurements in the Amazon Basin. Atmos. Environ.*, 34(24):4085-4096.
- Belzunce-Segarra M J, Bacon J R, Prego R & Wilson M J (1997) *Chemical forms of heavy metals in surface sediments of the R. San Simón inlet, Ria de Vigo, Galicia. J. Environ. Sci. Heal. A 32: 1271-1292.*
- Belzunce MJ, Solaun O, Franco J, Valencia V & Borja A (2001) *Acumulación de materia orgánica, los metales pesados y compuestos orgánicos en los sedimentos superficiales a lo largo de la Ría del Nervión (norte de España). Contami marzo.Bull.*, 42 (12) :1407-1411.
- Berry WJ, Hansen DJ, Mahony J, Robson D, Di Toro DM & Shipley B (1996) *Predicting the toxicity of metal-spiked laboratory sediments using acid-volatile sulfide and interstitial water normalizations. Environ. Toxicol.*, 15(12): 2067-2079.
- Besser JM, Ingersoll CG & Giesy JP (1996) *Effects of spatial and temporal variation of acid-volatile sulfide on the bioavailability of copper and zinc in freshwater sediments, Environ. Toxicol. Chem. 15: 286-293*
- Besser JM, Brumbaugh WG, May TW & Ingersoll CG (2003) *Effects of organic amendments on the toxicity and bioavailability of cadmium and copper in spiked formulated sediments. Environ.Toxicol.Chem. 22: 805-815.*
- Carmody D, Pearce B & Yasso W (1973) *Trace metals in sediments of New York Bright. Mar. Poll. Bull. 4(9): 132-135.*
- Da Silva I, Abate G, Lichtig J & Masini J (2002) *Heavy metals distribution in recent sediments of the Tietê-Pinheiros River System in São Paulo State, Brazil. Applied Geochem. 17: 105-116.*
- Díaz O, Frache R, Chuecas L y Encina F (2001) *Concentración de mercurio total en residuos industriales líquidos y su impacto en el área marina costera de la Bahía San Vicente. Cont. Cient. y Tecn., Área de Cienc. Bás., 110: 21-33.*
- Di Toro DM, Zarb SC, Hansen DJ, Swartz RC, Cowan CE, Pavlou SP, Allen HE, Thomas NA & Paquin PR (1991) *Technical basis for establishing sediment quality criteria for nonionic organic chemicals using equilibrium partitioning. Environ.Toxicol.Chem.*, 10: 1541-1583.
- EC (2002) <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2002L0032:20110701:ES:PDF>
- Erel Y Morgan J & Patterson C (1991) *Natural levels of lead and cadmium in remote mountain stream. Geochim. Cosmochim. Acta.55: 707-719.*
- FAO (2002) *Limit test for heavy metals in food additive specifications. Explanatory note. 3 pp. (http://www.fao.org/fileadmin/templates/agns/pdf/jecfa/2002-09-10_Explanatory_note_Heavy_Metals.pdf).*
- Fergusson JE (1990) *The heavy elements: Chemistry, environmental impact, and health effects. Pergamon Press, Oxford, England, 614pp.*
- Fermín I (2002) *Estudio Geoquímico de la laguna de Unare, Estado Anzoátegui, Venezuela. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente. Tesis de Grado. 106 pp.*
- Flegal A R Rossman K & Stefelson M (1987) *Isotope systematic of contaminant Lead in Monterrey Bay. Environ. Sci. and Tech 21: 1075-1079.*
- Fuentes M V (1998) *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, Edo. Sucre, Venezuela. Trab. Grad. M.Sc. Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. 113 pp.*



- Hernández M V F (1998) *Condiciones geoquímicas de los sedimentos superficiales de la Laguna de Chacopata, Edo. Sucre, Venezuela. Tesis de Post-Grado (MSc. Oceanografía Química). U.D.O. Cumaná, Venezuela, 113 p*
- IADC/CEDA (1997) *Guide 2 – Conventions, Codes and Conditions, Marine Disposal and Land Disposal. International Association of Dredging Companies/Central Dredging Association.*
- Izquierdo C Usero J & Gracia I (1997) *Speciation of heavy metals in sediments from Salt Marshes on the Southern Atlantic coast of Spain. Mar. Pollut. Bull, 34 (2): 123-128.*
- Klavins M & Vircaivs M (2001) *Metals in sediments of inland waters of Latvia. Boreal. Env. Res. 6:297-306.*
- Lacerda LD (1997) *Global mercury emissions from gold and silver mining. Water Air Soil Pollut., 97:209–221.*
- Luque CJ (1996) *Tipificación, cartografía y contenido en metales pesados de comunidades vegetales de las Marismas del Odiel. Dinámica poblacional de diferentes especies del género Spergularia. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla. pp. 84-88.*
- Márquez A, García O, Senior W, Martínez G & González A (2012) *Distribución de metales pesados en sedimentos superficiales del Orinoco Medio, Venezuela. CIENCIA 20(1): 60-73.*
- Martínez G (2002) *Metales pesados en sedimentos superficiales del golfo de Cariaco, Venezuela. Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, 41 (1 y 2): 83-96.*
- Moore JN & Luoma SN (1990) *Hazardous wastes from large-scale metal extraction, Environ. Sci. Technol., 24: 1278-1285.*
- Rodríguez E, Romero D, Martínez G, Fermín I & Senior W (2012) *Influencia del río Manzanares en la biodisponibilidad de metales pesados (Co, Cr, Pb, Zn) en la zona costera frente a la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Avances en Química, vol. 7, núm. 1, enero-abril. pp. 57-63*
- Sadiq M (1992) *Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc. New Cork., pp. 389.*
- Salamanca MA y Jara B (2003) *Distribución y acumulación de plomo (Pb Y 210Pb) en sedimentos de los fiordos de la XI región. Chile. Cienc. Tecnol. Mar, 26 (2): 61-71.*
- Santos A, Alonso E, Callejon M & Jimenez JC (2002) *Heavy metal content and speciation in groundwater of the Guadamar river basin. Chemosphere 48: 279-285.*
- Senior W. y Aparicio R (1992) *Estudio ambiental de las costas del Estado Anzoátegui. Proyecto EACA-Área de Jose. Informe final. Convenio IOV (UDO)-Corpoven. 221 p.*
- Senior W y Castañeda J (1997) *Evaluación ambiental de las bahías de Bergantín, Pozuelos y Barcelona, ubicadas en las costas del Edo. Anzoátegui. Informe final, PDVSA.*
- Senior W, Castañeda J, Martínez G (1999) *Diagnóstico Ambiental de la Zona Costera del Nor- oriente de Venezuela. Informe Final. Proyecto DAO-PALMAVEN. 525 pp.*
- Shuhaimi-Othman M (2008) *Metal concentration in the sediments of Richard Lake, Sudbury, Canada and sediment toxicity in an amphipod Hyaella azteca. J. Environ. Sci. Technol., 1(1): 34.*
- USEPA (Environmental Protection Agency) (2005) *Procedures for the derivation of equilibrium partitioning sediment benchmarks (ESBs) for the protection of benthic*



- organisms: metal mixtures (Cadmium, Copper, Lead, Nickel, Silver and Zinc). Office of Research and Development. Washington, DC 20460. EPA-600-R-02-011.*
- Villaescusa-Celaya J, Gutiérrez E, & Flores G (1997) *Metales pesados en fracciones geoquímicas de sedimentos de la región fronteriza de Baja California, México, y California, EUA. Ciencias Marinas, 23(1): 43-70.*
- Williams, TP, Bubb JM, & Lester JN (1994) *The occurrence and distribution of trace metals in halophytes. Chemosphere, 28(6): 1189-1199*
- WHO (1989) *Mercury – Environmental aspects, Environmental Health Criteria 86, Geneva. (<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc086.htm>)*



ULPGC y cooperación en Iberoamérica - Ecuador

Nieves González Henríquez

Investigadora Asociada ULPGC.

E-mail: nieveselvira@gmail.com

Ambito e instrumentos

Desde 1988 se han realizado numerosos convenios (70) con Universidades y Escuelas Politécnicas de diversos países de Iberoamérica.

La ULPGC coordina una red Unitwin-UNESCO, la red ISA, donde además de participar las dos universidades canarias y la portuguesa de Azores, participan universidades de Brasil, Cuba, Chile, Nicaragua, Perú, Puerto Rico, Venezuela y República Dominicana.

Se participa en el Programa de Cooperación Interuniversitaria (PCI) de la Agencia Española de Cooperación Internacional mediante el intercambio de profesores y estudiantes.

En los programas de Doctorado de la ULPGC, 3 de cada cuatro estudiantes de postgrado extranjeros proceden de Latinoamérica. Programas de Máster y Doctorados en varios países.

Los medios de financiación con los que se cuenta son: Propios, Convocatorias AECID, Programas UE, Gobierno de Canarias, Organizaciones Internacionales, Empresas. Por otra parte, la ULPGC está inmersa en el CEI Canarias: Campus Atlántico Tricontinental, cuyos ámbitos de actuación son: investigación, innovación, transferencia y urbanístico-territorial.

Las áreas temáticas de especialización son:

- Ámbitos alrededor del mar: Marino (Ciencias y Tecnologías Marinas), Marítimo (Turismo, Economía del Mar-Movilidad-Logística)
- Astrofísica
- Biomedicina aplicada a la Cooperación al Desarrollo
- Sostenibilidad Integral como elemento de transversalidad en las áreas temáticas de especialización.





Los instrumentos de Cooperación que se han utilizado para las acciones con entidades de investigación y la administración en Ecuador son:

1.- Convenios y/o protocolos:

Se han establecido 16 Convenios de Colaboración con las siguientes Universidades de Ecuador:

- Pontificia Universidad Católica de Ecuador (Sede Ambato)
- Universidad Politécnica Estatal del Carchi
- Escuela Politécnica Nacional
- Escuela Superior Politécnica del Litoral
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador (Sede Santo Domingo)
- Universidad de Cuenca
- Universidad Técnica del Norte de Ibarra
- Universidad Tecnológica Equinoccial
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Católica del Ecuador (Sede Ibarra)
- Escuela Politécnica del Ejército
- Universidad Técnica Particular de Loja
- Universidad Central del Ecuador
- Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
- Universidad Santa María
- Universidad de Chimborazo

2.- Redes temáticas de trabajo

Se cuenta con **Programa de Cátedras y Redes UNITWIN/UNESCO**: La Universidad de Las Palmas de Gran Canaria cuenta en la actualidad con 4 cátedras UNESCO, de ellas la más relacionadas con el ámbito marino son:



Cátedra UNESCO de gestión ambiental y de los recursos marinos en áreas litorales

Desarrolla trabajos de investigación conjuntos con los países del entorno de Canarias (Marruecos, Mauritania, Senegal, Gambia, Cabo Verde) y con Iberoamérica en temas relacionados con los recursos marinos.

Objetivos:

- ✓ Desarrollo de trabajos de investigación conjuntos con los países del entorno de Canarias (Marruecos, Mauritania, Senegal, Gambia y Cabo Verde) y con Iberoamérica en el área de Gestión de Recursos Marinos Costeros y Espacios Naturales.
- ✓ Formación medioambiental.
- ✓ Relaciones con la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI).

Cátedra UNESCO de planificación turística y desarrollo sostenible

Realizan estudios de análisis del turismo y de las interacciones entre la economía y el medio ambiente, con la formulación de planes de actuación y medidas de política. Los trabajos de la Cátedra están vinculados al Equipo de Investigación en Economía del Desarrollo Sostenible (ECOMAS).

3.- Formación y movilidad de personal cursos y seminarios

-Seminario de Postgrado sobre Turismo Comunitario Responsable. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede de Ibarra

Estudios de Postgrado

Máster Universitario Internacional en Acuicultura de la ULPGC: Organizado conjuntamente por ULPGC, ICCM, y CIHEAM. Con alumnos de España, Portugal, Marruecos, Túnez, Argel, Egipto, Albania, Colombia, Ecuador y Venezuela.

Máster y Doctorado en Desarrollo Integral e Innovación en Destinos Turísticos. 16 Tesinas del Máster en Ecuador.

Máster Internacional en Turismo de la ULPGC, 34 Tesinas. Estudiantes de Ecuador participantes en ese programa del Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID).

Intercambio investigadores

Estancias e intercambios para realización de trabajos de Tesis, Tesinas de Máster, proyectos, impartir charlas o cursos de diferentes países de América y África (Cabo Verde, Venezuela, Chile, Marruecos, Portugal, México, Colombia, Chile, Ecuador, Venezuela, Cuba, EEUU). **Programas PCI-AECID y PROMETEO**

4.- Proyectos

La AECID financió en el periodo (2008-2013) 10 proyectos a la ULPGC por un importe total de 649.476,25 €



- Escuela Superior Politécnica del Litoral
CREACIÓN DE UN LABORATORIO DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL (GUAYAQUIL) PARA SU REUTILIZACIÓN AGRÍCOLA.
- Escuela Politécnica del Ejército
UPINNOVA, RED DE UNIDADES DE PROMOCIÓN DE LA INNOVACIÓN
- Pontificia Universidad del Ecuador
PROPUESTA DE UN PROGRAMA MÁSTER- DOCTORADO EN TURISMO, VERSIÓN SEMIPRESENCIAL (BLENDED-LEARNING)
ACCIONES PREPARATORIAS PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y PUBLICACIONES TURÍSTICAS
MÁSTER-DOCTORADO EN DESARROLLO INTEGRAL DE DESTINOS TURÍSTICOS.
- Pontificia Universidad Católica del Ecuador
ACCIÓN PREPARATORIA PARA DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS, COMO ROBÓTICA, MECATRÓNICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Por último, hay que destacar que un total de USD 12.7 millones del programa de Canje de Deuda Ecuador-España se han destinado en julio de 2014 a impulsar la ciencia y tecnología a través de distintos proyectos en cinco instituciones de educación superior del país (Universidad Estatal de Cuenca, Universidad Técnica de Ambato, Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, Escuela Politécnica del Litoral en Guayaquil) y de la empresa pública EP-Yachay. Su objetivo es contribuir a la mejora del talento humano y a la capacidad de investigación e innovación y se destinarán a financiar la adquisición de equipos de última tecnología para implementar nuevos laboratorios y centros de investigación.



Cooperación Iberoamericana de la Xunta de Galicia (España) en el sector de pesca y acuicultura

Guerra, A.

Prometeo SENESCYT. CIBPA-INCYT. Universidad Estatal de Santa Elena, Ecuador
E-mail: aguerradiaz@gmail.com

Resumen

En Galicia se encuentra más del 40% de la flota pesquera española y la mayor parte de la industria, transformadora y derivada de la pesca. La producción de acuicultura en Galicia representa más del 80% del total del país. Lidera la producción en moluscos, en particular en mejillón (alrededor de 170.000 t/año) que la convierten en la primera productora europea, también en ostras y especies de almejas comerciales. En cultivo de peces, es la principal productora mundial de rodaballo y en trucha encabeza la producción de España.

La flota y el sector pesquero gallego está presente en numerosos países africanos a través de acuerdos firmados por la UE. En particular, en Sudamérica hay acuerdos firmados que conllevan importantes inversiones en diversos países: Argentina, Chile, Brasil, Ecuador..... Estas actividades y acuerdos aportan anualmente alrededor de 400.000 t/año de productos de la pesca.

En los proyectos de cooperación participan y colaboran funcionarios de la administración pesquera de Galicia, expertos en temas pesqueros y acuicultura, donde destaca el papel de algunas de las unidades más implicadas en proyectos de cooperación: los centros de formación pesquera y de acuicultura (Instituto Galego de Formación en Acuicultura-IGAF), el Instituto Tecnológico para el control del medio marino (INTECMAR) y el Centro de Investigaciones Marinas (CIMA), este último en especial en el área de producción y acuicultura de moluscos. En la asistencia al desarrollo y mejora del sector pesquero y acuícola en países terceros, y organización de misiones sectoriales, participa el Centro Tecnológico del Mar (CETMAR), que es una fundación pública creada por la Xunta de Galicia y la Administración central; y que actúa habitualmente por encargo de la administración pesquera gallega, en la gestión y desarrollo de los proyectos y acuerdos de la administración.

A través de estas unidades están suscritos acuerdos y proyectos en materia pesquera y acuícola. En especial abordando proyectos de investigación marina que llevan a cabo transferencia de tecnología y planes de formación en



acuicultura y náutico pesquera: con Chile con la Universidad Católica del Norte (Coquimbo), con Venezuela con la Universidad de Oriente (UDO) y con la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre (FIDAES) y en Ecuador encontrándose en proceso de suscribir con la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE) para temas de colaboración en investigación y formación en acuicultura.

Introducción

A partir del año 1976 los países ribereños comienzan a establecer progresivamente la Zona Económica Exclusiva de 200 millas desde la costa y en particular en el año 1982 la III Conferencia de la Naciones Unidas sobre Derecho del Mar ratifica este derecho a nivel global. Es cuando la flota española de gran altura, de la cual gran parte es gallega, necesita ante la nueva situación en sus caladeros habituales, llegar a acuerdos con los países ribereños para obtener licencias y poder pescar dentro de las 200 millas. Los acuerdos que se van cerrando con estos países suponen en muchos casos la obligación de adoptar la bandera del país ribereño. Simultáneamente las organizaciones regionales de pesca comienzan a regular más intensamente las aguas fuera de 200 millas.

La creación de sociedades mixtas, es la respuesta a esta nueva situación. La empresa española transmitía el buque a una sociedad de un país tercero y ésta aportaba la licencia de pesca. Gran parte de las empresas que superaron la crisis de los años noventa apostaron por esta opción instalándose en los terceros países, en donde pescaban e iniciaban un importante factor de desarrollo y colaboración con los países costeros.

La evolución y exigencias para ejercer la pesca fue el catalizador para que estas empresas pesqueras de origen español, impulsaran y contribuyeran al desarrollo de estos países. Creando un tejido empresarial pesquero, formando profesionales en los ámbitos de la pesca y del entorno socio-económico del área costera.

En el ámbito del ejercicio de la cooperación por parte de la Administración, cabe señalar que la ayuda a la cooperación internacional en España es una competencia transferida a las Comunidades Autónomas y está coordinada por la Agencia Española de Cooperación Internacional (AECID). Adicionalmente, la Ley Galega de Cooperación para el Desarrollo (2003) fomenta las tareas en países en vías de desarrollo, formando profesionales en los países en los que coopera, transfiriendo su tecnología y reforzando los sectores productivos en aras de conservar y gestionar adecuadamente los recursos pesqueros de dichos países.

Ámbitos de la cooperación

La contribución con terceros países abarca diferentes aspectos

- **En la pesca extractiva:** transmitiendo conocimientos en la práctica pesquera, con inversiones en buques pesqueros, creando puestos de trabajo en la población



- **Instalaciones para la industria pesquera y acuícola en tierra:** para almacenamiento, procesado y transformación del pescado, desarrollo acuícola local y empresas auxiliares; transmitiendo conocimientos profesionales y empresariales; también generando puestos de trabajo.
- **Formación, conocimientos, entrenamiento y buenas prácticas:** la formación impartida a través de las escuelas náutico-pesqueras y formación complementaria, es un factor importante para aprendizaje y transmisión de los conocimientos prácticos de la actividad pesquera. A lo largo de los años en estas escuelas se formaron profesionales pesqueros de reconocida categoría y que transmiten sus conocimientos profesionales a tripulantes de terceros países.
- **Colaboración conjunta en materia pesquera y acuícola:** a través de la firma de protocolos y acuerdos de colaboración con la finalidad de implantar programas y proyectos para el intercambio, capacitación, inversión y transferencia del conocimiento y la tecnología. Las ayudas y becas para estudio y formación en los centros de investigación y formación pesquera dependientes de la de la Consellería del Medio Rural y Mar (CMRM) de la Xunta de Galicia, son básicos para este fin.

Agentes de cooperación internacional de la Xunta con terceros países

En los proyectos de cooperación participan y colaboran expertos de la administración pesquera de Galicia de la CMRM (Xunta de Galicia), <http://www.medioruralemarr.xunta.es>. Las unidades dependientes de la Xunta de Galicia y que están implicadas más activamente en los proyectos de cooperación, son las siguientes:

A) **Centros de formación náutico-pesqueras.** El Instituto Marítimo Pesquero de Vigo y Escuelas Náutico Pesqueras de Ribeira y Ferrol (escola.nautica.ferrol@edu.xunta.es).

En España las competencias en materia de pesca y formación marítimo-pesquera son compartidas por la Administración del Estado y las Comunidades Autónomas. Para estas escuelas de formación en las especialidades náutico-pesquera, se habilitan becas que facilitan el acceso de los alumnos de terceros países. Con becas y ayudas durante período de estancia en los centros gallegos.

B) **Formación en acuicultura.** Instituto Galego de Formación en Acuicultura-IGafa (www.igafa.es). Es el Centro nacional de formación profesional ocupacional en el área formativa de Acuicultura, y el único centro de Galicia que imparte formación de acuicultura y buceo profesional (Fig.1).

En este centro educativo se imparten dos ciclos de formación profesional específica en acuicultura: el de Técnico en Operaciones de Cultivo Acuícola (grado medio) y el de Técnico Superior en Producción Acuícola (grado superior). A través de esta formación profesionales gallegos ocupan ya puestos de alta dirección en otros países y se abre también las puertas a que jóvenes gallegos encuentren en países terceros su primer empleo. Técnicos gallegos están prestando a la pesca artesanal en El Salvador y en Perú. Por otra parte, alumnos



de numerosos países asisten a esta formación profesional, también se habilitan cursos específicos e intensivos en función de los acuerdos y necesidades de los países en cuestión.



Figura 1.- En primer plano instalaciones del IGafa al fondo, bateas de cultivo de moluscos en suspendido, característicos de la Ría de Arousa (Galicia).

C) **Control del medio marino.** Instituto Tecnológico para el control del medio marino (INTECMAR; www.intecmar.org), ejerce sus actividades con el cometido de proteger y mejora la calidad del medio marino. Su actividad se centra en el control e investigación de la calidad ambiental de las aguas costeras de Galicia (Fig.2), especialmente lo referido a las condiciones oceanográficas, contaminación química, microbiología y patología.



Figura 2.- Instalaciones del INTECMAR en Vilaxoán (Vilagarcía de Arousa). En la zona de mayor de producción de mejillón de Europa.



D) Investigación y producción marina. El Centro de Investigaciones Marinas (CIMA; www.cimacoron.org) es el ente de realizar actividades en investigación y producción (Fig. 3). Lo integran el Centro de Investigaciones Mariñas de Corón, en Vilanova de Arousa (Pontevedra), y el Centro de Cultivos Mariños de Ribadeo (Lugo). La función básica de estos centros es el desarrollo de investigaciones encaminadas a conseguir una gestión racional y eficiente de los recursos marinos renovables en el ámbito geográfico de competencia de la Administración autonómica de Galicia. El CIMA actúa como organismo asesor de la administración pesquera gallega en las cuestiones de su competencia que demandan los diferentes sectores productivos a través de las direcciones generales y oficinas territoriales de la CMRM. Las líneas de investigación científica y tecnológica se orienta principalmente a la acuicultura de moluscos y peces, patología de moluscos bivalvos, bioacumulación y eliminación de toxinas fito-plantónicas y a la dinámica de poblaciones de invertebrados marinos con interés comercial. La cooperación en proyectos internacionales (Chile, Perú, Brasil, Venezuela.....), y las estancias formativas y tutorías de investigadores en el CIMA para dirección de tesis doctorales, son aspectos que se realizan de forma habitual.



Figura 3.- El Centro de Investigaciones Mariñas (CIMA), lo integran los centros ubicados, en Vilanova de Arousa (izquierda) y Ribadeo (a la derecha).

E) Impulso y coordinación de la cooperación internacional. El Centro Tecnológico del Mar (CETMAR; www.cetmar.org) es quien centra más el fomento de relaciones de cooperación internacional. El CETEMAR Coordina y representa las actuaciones de Xunta de Galicia en materia de pesca y acuicultura a nivel nacional, europeo e internacional y coopera en la gestión y desarrollo de la pesca artesanal y la acuicultura rural en más de 35 países. Se orienta a la asistencia al desarrollo y mejora del sector pesquero y acuícola en países terceros. Gestión y coordinación de proyectos de I+D+I y de Cooperación Internacional.





Figura 4.- Centro tecnológico del Mra, Fundación CETMA, en Vigo R. Coordina las actuaciones derivadas de cooperación internacional de la Coosellería del Medio Rural y Pesca de la Xunta de Galicia.

Actuaciones internacionales

En el año 2010 la cooperación internacional gallega en materia pesquera se extendió a en 22 países. Las acciones se enmarcan principalmente en tres áreas geográficas: el sur de África, Centroamérica y América del Sur. Asimismo, los campos de actuación se orientan en conservación del medio, fomento de la pesca responsable, mejora y avance de inspección o vigilancia, entre otros.

Los alcances de los protocolos de cooperación firmados se alinean principalmente en la pesca artesanal y el desarrollo de las poblaciones costeras dependientes, la pesca industrial y la colaboración mutua en los organismos internacionales que la regulan. El desarrollo de la acuicultura mariana y continental, el seguimiento y control de la calidad y sostenibilidad del medio marino. También en el desarrollo de la industria de transformación de los recursos acuáticos; la seguridad alimentaria de los productos acuáticos, la formación y capacitación de profesionales del sector pesquero y acuicultor y el intercambio de conocimientos y mutua colaboración técnica y científica.

En relación con lo anterior, existen diversos protocolos y convenios de colaboración con países de Iberoamérica para la colaboración conjunta en materia pesquera y acuícola, en lo que se refiere a abordar proyectos de investigación, llevar a cabo transferencia de tecnología y abordar planes de formación. Entre ellos se encuentran los firmados en los últimos años con Chile con la Universidad Católica del Norte (Coquimbo) y con Venezuela con la Universidad de Oriente (UDO) y con la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre (FIDAES) para temas de investigación marina y desarrollo náutico pesquero.



Conclusión

Dado que la pesca y la acuicultura constituyen unas importantes herramientas de desarrollo económico para los países en desarrollo, un diagnóstico y seguimiento adecuado de los proyectos, el fortalecimiento institucional y la formación y capacitación de las comunidades pesqueras son la base del éxito de las acciones de cooperación. Galicia debido al *know-how* y gran experiencia acumulada en la industria pesquera y acuícola contribuye, mediante las acciones de cooperación pesquera internacional, dando soporte técnico al desarrollo de la pesca artesanal y la acuicultura en países con un potencial importante en estas actividades, con el objetivo último de contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo sostenible de los recursos pesqueros.







Acuicultura



Avances en la producción de semillas de *Spondylus limbatus* (Sowerby II, 1847) en el Ecuador

Lloor A., Sonnenholzner S., Lodeiros, C.*

Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador. *Investigador I Prometeo-SENESCYT.

E-mail: alfgloor@espol.edu.ec

Resumen

El *Spondylus limbatus* ha constituido un importante recurso desde el punto de vista económico, político y cultural a lo largo de su distribución, desde el Golfo de California hasta Perú. En Ecuador, a pesar de no existir un registro de captura debidamente documentado, la probable sobre-extracción de esta especie en sus costas generó que en el 2009 la Subsecretaría de Recursos Pesqueros del Ecuador declare el recurso en veda indefinida. En diciembre de 2012 el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca a través de la Subsecretaría de Acuicultura contrata al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL) realizar la producción de semilla de *Spondylus* spp. en sistemas controlados, con la finalidad de realizar ensayos para recuperar la población natural de la especie en la Reserva Marina El Pelado (Santa Elena). El presente trabajo muestra los progresos en el acondicionamiento de reproductores recolectados de bancos naturales en las diferentes zonas costeras de la provincia de Santa Elena, con dietas de microalgas (*Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana* a ración 2:1), así como la inducción al desove mediante períodos de desecación y recambios de agua. Los desarrollos embrionarios y larvarios obtenidos poseen características similares a la familia Pectinidae, donde el periodo embrionario es de 26 h y el larvario de aproximadamente 16 d a 25°C. Luego de realizado un ensayo con dietas, se determinó un mayor crecimiento larvario mediante la dieta combinada de *C. gracilis* e *I. galbana*, con una proporción, en número de células, 3:1 con una tasa de crecimiento de $5,5 \pm 0,01 \mu\text{m}\cdot\text{d}^{-1}$. No obstante, con la dieta únicamente de *C. gracilis* se registró la mayor supervivencia ($18,8 \pm 4,3\%$), aunque pobre crecimiento. Observaciones realizadas a nivel de post-larvas sugieren una preferencia a fijarse en la cara externa-rugosa (86%) de la valva comparado a la interna-lisa (14%). Luego de 6 meses de la



fijación, los organismos midieron en promedio $1,3 \pm 0,5$ cm de altura de la valva, mostrando un crecimiento lento comparado con otras especies. Los avances obtenidos son útiles para planificar nuevos experimentos enfocados a implementar protocolos para la producción de *S. limbatus*.

Palabras clave

Spondylus limbatus, larvicultura, inducción al desove, larvicultura, desarrollo embrionario, desarrollo larvario.

Introducción

El scallop de roca, *Spondylus limbatus* (Sowerby II, 1847), es un molusco bivalvo de importancia desde el punto de vista comercial, político y cultural en las comunidades costeras desde el Golfo de California hasta el norte de Perú (Cudney-Bueno y Rowell, 2008; Coan y Valentich-Scott, 2012). En el Pacífico Sudamericano, debido al tamaño y forma de su valva, fue utilizado como moneda y ofrendas ceremoniales durante la época Valdivia e Inca (Paulsen, 1974). Si bien no existen registros sobre la extracción de *Spondylus* debidamente documentados, las bajas densidades poblacionales encontradas en algunas zonas del litoral ecuatoriano (Mendívez et al 2010; Aguilar et al 2010; Revelo et al 2011; Revelo y Aguilar, 2012) sugieren la sobre-explotación de sus bancos naturales. En vista de ello, en 2009 la Subsecretaría de Recursos Pesqueros del Ecuador declaró el recurso *Spondylus* en veda indefinida (Acuerdo Ministerial 136, del 02 de octubre del 2009).

La producción de juveniles en condiciones controladas de laboratorio constituye una herramienta para la restauración de este recurso. Por ello, en diciembre de 2012 el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP) a través de la Subsecretaría de Acuicultura realiza un contrato con el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL) para establecer un protocolo de producción de juveniles de *Spondylus* spp. bajo sistemas controlados, con la finalidad de realizar ensayos para recuperar la población natural de la especie en la Reserva Marina El Pelado (Santa Elena), bajo el proyecto de Maricultura y piscicultura para el fomento acuícola en el Ecuador, componente tres: producción de cultivos acuícolas marinos.

Los estudios de las especies de *Spondylus* son escasos, algunos estudios previos con *S. limbatus* han descrito aspectos de su biología y ecología en medios naturales (Villalejo-Fuerte et al., 2002; Mackensen et al., 2011; Cota, 2011). Sin embargo, las investigaciones a nivel de laboratorios han sido escasas. Tan solo, Soria et al. (2010) realizaron los primeros estudios con larvas de *S. limbatus* en laboratorio; mediante una prueba de densidad de alimento, encontraron un mayor



crecimiento en larvas cultivadas a densidades microalgales de $50.000 \text{ cel.}\mu\text{L}^{-1}$, a diferencia de 30.000 y $75.000 \text{ cel.}\mu\text{L}^{-1}$; no obstante, no registraron presencia de postlarvas.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar los avances del proyecto antes descrito con los alcances en la producción de semillas de *S. limbatus* bajo sistemas controlados, procesos que incluyen acondicionamiento de reproductores, inducción al desove, larviculturas y crecimiento de juveniles.

Materiales y métodos

Acondicionamiento de reproductores

Organismos de *Spondylus limbatus* con $134,1 \pm 11,4$ mm de longitud de valva y con un promedio de $1,1 \pm 0,2$ kg ($n=73$) fueron recolectados en la zona costera de Ayangue y Ancón (Provincia de Santa Elena, Ecuador), entre 15 a 20 m de profundidad, y transportados al CENAIM-ESPOL. Los organismos fueron limpiados de epibiontes y ubicados en tanques de 8.000 l. Las temperaturas variaron entre 22°C y 27°C dependiendo de la época del año, mientras la salinidad fue constante entre 33-34 UPS. El alimento consistió en una mezcla de las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana* provistas diariamente a una proporción 2:1 (*Cha:Iso*, en número de células), considerando una ración de 5% de la masa seca de los organismos.

Desoves

Luego de una limpieza e inducción al desove por *shock* de desecación durante 45min, los organismos de *S. limbatus* fueron aislados de forma individual en recipientes de 30 l, con la finalidad de obtener desoves controlados. Luego de ocurrido el desove, se realizó la fertilización de los gametos mediante una relación 10:1 (espermatozoides:ovocitos) siguiendo las recomendaciones en Soria *et al.* (2010). Pasado 40min los embriones se trasladaron a tanques de 1.000l. La formación de la larva-D se desarrolló aproximadamente luego de 24 h.

Cultivo larvario

Los días posteriores al desove se realizaron las larviculturas en tanques de 1 m^3 . Se contabilizaron el total de larvas D, las cuales fueron distribuidas en tanques de 1 m^3 a una densidad inicial de entre 4-6 larvas ml^{-1} . Se alimentaron las larvas con microalgas a una densidad de $15.000 \text{ cel.}\text{ml}^{-1}$ inicialmente, incrementándose a ración de $3.000 \text{ cel.}\text{ml}^{-1}$ diario hasta llegar a $50.000 \text{ cel.}\text{ml}^{-1}$ en el día 14, donde la concentración se mantuvo constante durante los días posteriores de asentamiento y metamorfosis. Se utilizó 2 tipos de microalgas, *I. galbana* y *C. gracilis* en diferentes proporciones de acuerdo a los días de cultivo. Las temperaturas variaron entre 22°C y 26°C , mientras que las salinidades se mantuvieron en alrededor de 34 UPS.



Experimento dietas

Las Larvas-D de *S. limbatus* fueron evaluadas en tanques cilindro-cónicos de 50-l a una densidad de 4 larvas. ml⁻¹, en agua de mar filtrada (1-µm) y tratada con UV. La temperatura y salinidad fueron mantenidas a 25,3±0,7 °C y 34 UPS, respectivamente. Se evaluó la influencia de dietas microalgales sobre el crecimiento (longitud de la valva) y la supervivencia (%) de las larvas. Las dietas consistieron en proporciones de mezclas de *C. gracilis* (*Cha*) e *I. galbana* (*Iso*) provistas en 5 tratamientos: Dos monoespecíficas (*Cha*, *Iso*) y tres mezclas en las raciones 25:75, 50:50 y 75:25 (*Cha*:*Iso*). Cada tratamiento se realizó por triplicado. Inicialmente se proporcionó las microalgas a una densidad de 10.000 cel.ml⁻¹ y posteriormente se fue incrementado 3.000 cel.ml⁻¹ diariamente.

La supervivencia fue calculada mediante la extrapolación de las larvas contadas en 1,5-ml en relación al volumen total. El crecimiento larvario (µm) se realizó midiendo la longitud de la valva mediante análisis de las fotos utilizando Adobe Illustrator 10®. La tasa de crecimiento se la calculó mediante la fórmula: $GR = (T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}) / t$, donde T = tamaño al inicio y al final del experiment y t = tiempo (días).

Fijación y crecimiento de juveniles

Para explorar el comportamiento biológico de las larvas durante la fijación, el grupo de larvas en estado pediveliger obtenido en las larviculturas fueron trasladadas a tanques oscuros de 500 l durante 30 días, ubicándose en el fondo del tanque valvas de adultos de *S. limbatus*.

Finalmente, los registros de las observaciones fueron divididos en 3 grupos: (1) Post-larvas de *S. limbatus* no fijados a un sustrato, (2) juveniles adheridos a la cara interna de valvas vacías (superficie lisa) y (3) los adheridos en la cara externa de valvas vacías (superficie rugosa) de *S. limbatus* adultas. Los organismos que llegaron a fijarse pero luego se desprendieron (libres) fueron medidos por separado.

Resultados y discusión

Inducciones al desove

La cantidad de ovocitos liberados por las hembras varió entre (1,5-30 millones, lo cual sugiere que muchos organismos no alcanzaron una etapa avanzada de desarrollo gonadal. Estudios previos con *S. limbatus* han reportado desoves promedio de $48,9 \pm 13,3$ millones de ovocitos (Soria *et al.*, 2010). El desove que obtuvo mejores resultados fue el efectuado en mayo-2014, donde 51 *Spondylus* fueron inducidos al desove, obteniendo respuesta en 27 machos (53%) y 3 hembras (6%).



Larviculturas

Las principales características (tamaño y tiempo) del desarrollo embrionario y larvario se encuentran descritas en la tabla 1. Tanto la forma como la talla de las larvas presentaron similitudes a las descritas en *Spondylus tenebrosus* por Parnell (2002) y el pectínido *Pecten maximus* por Le Pennec *et al.*, (2003). Los crecimientos diarios obtenidos hasta el día 12 en las larviculturas variaron entre 3,8 $\mu\text{m.día}^{-1}$ en marzo-2014 y 6,6 $\mu\text{m.día}^{-1}$ en mayo-2014 (Fig. 1). Según Cochard y Gérard (1987), puede considerarse que una tasa de crecimiento baja si ésta varía entre 3-3,5 $\mu\text{m.día}^{-1}$, moderada entre 3,5-5,5 $\mu\text{m.día}^{-1}$ y alta entre 5,5-7,5 $\mu\text{m.día}^{-1}$. En el día 11 se observaron las primeras larvas con mancha ocular, mientras que las larvas con doble anillo y pediveligers fueron registradas el día 13. Las mayores mortalidades registradas en las larviculturas (presencia de larvas en el fondo, la mayoría muertas) fueron observadas entre los días 3 y 5 en diciembre-2014, marzo y mayo-2014 (Fig. 2). Estas mortalidades pueden estar asociadas a cambios morfológicos (aparición del umbo), alimenticios (cambio de fase mixotrófica a exotrófica) de las larvas, o calidad del agua.

Tabla 1.- Descripción del desarrollo embrionario y larvario del *Spondylus limbatus*, (Temperatura 25,2±0,5 °C)

| Desarrollo embrionario | Tamaño (μm) | Tiempo |
|--------------------------|-------------------------------------|-------------|
| Ovocitos | 60,2 ± 1.3 | 0 |
| Primer cuerpo polar | 60,2 ± 1.3 | 10 - 15 min |
| Divisiones | 61 - 63 | 40 min |
| Mórula | 63,6 ± 2.5 | 3 h |
| Blástula | 62,4 ± 2.4 | 5 h |
| Gástrula temprana | 59,4 ± 2.4 | 6 h |
| Trocófora temprana | 62,5 ± 2.5 | 9 h |
| Trocófora tardía | 79,9 ± 4.0 | 18 h |
| Larva-D | 98,0 ± 2.2 | 26 h |
| Desarrollo larvario | Longitud de valva (μm) | Día |
| Umbonado temprano | 119,4 ± 3.7 | 3 |
| Umbonado tardío | 154,7 ± 7.0 | 8 |
| Larvas con mancha ocular | 166,3 ± 8.2 | 10 |
| Larvas con pie | 185,2 ± 3.9 | 12 |



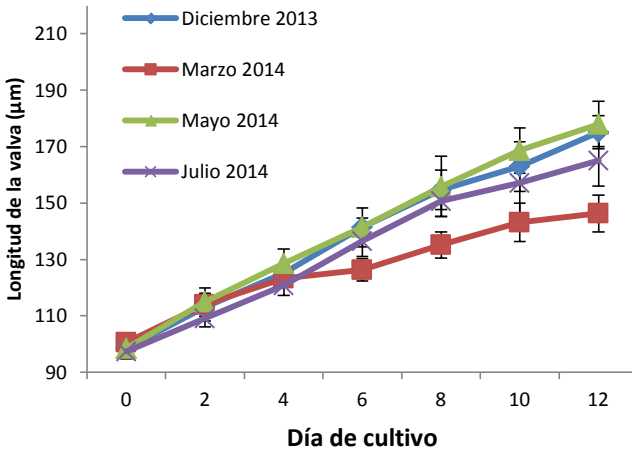


Figura 1. Crecimiento larval (media \pm DS; n=30) de *S. limbatus* registrada en larviculturas en diferentes épocas del año. Temperaturas medias del desarrollo larvario: 25,3 \pm 0,7 °C para diciembre 2013; 27,3 \pm 1,0 °C para marzo 2014; 25,0 \pm 0,1 °C para mayo 2014 y 22,2 \pm 0,5 °C para julio 2014.

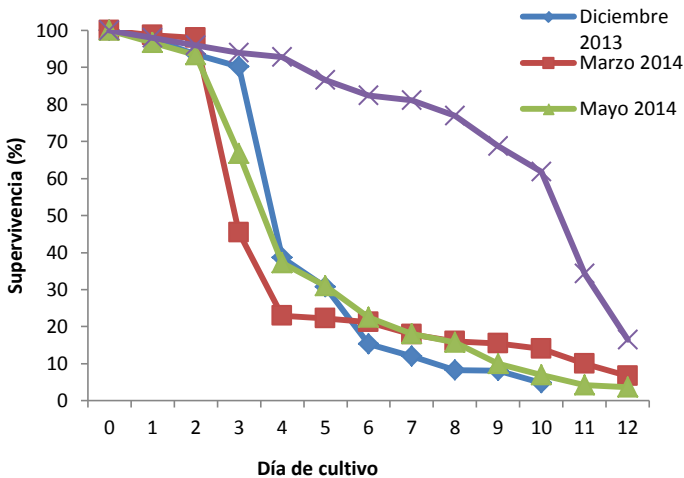


Figura 2. Supervivencia larval de *S. limbatus* registrada mediante larviculturas realizadas en diferentes épocas del año. Temperaturas medias del desarrollo larvario: 25,3 \pm 0,7 °C para diciembre 2013; 27,3 \pm 1,0 °C para marzo 2014; 25,0 \pm 0,1 °C para mayo 2014 y 22,2 \pm 0,5 °C para julio 2014.



Dietas

Al final del experimento (día 12) se observaron las primeras larvas pediveliger en el tratamiento *25Iso:75Cha*, las cuales alcanzaron significativamente ($p < 0,05$) la mayor talla en longitud de la valva ($164,0 \pm 1,8 \mu\text{m}$ con una tasa de crecimiento de $5,5 \pm 0,0 \mu\text{m.d}^{-1}$) seguido de las larvas alimentadas con *50Iso:50Cha* ($154,1 \pm 1,0 \mu\text{m}$; $4,7 \pm 0,1 \mu\text{m.d}^{-1}$), *75Iso:25Cha* ($142,2 \pm 3,1 \mu\text{m}$; $3,6 \pm 0,3 \mu\text{m.d}^{-1}$), *0Iso:100Cha* ($136,5 \pm 1,4 \mu\text{m}$; $3,2 \pm 0,1 \mu\text{m.d}^{-1}$) y *100Iso:0Cha* ($135,5 \pm 1,3 \mu\text{m}$; $3,1 \pm 0,1 \mu\text{m.d}^{-1}$) (Fig. 3). En contraste, las larvas alimentadas con *0Iso:100Cha* ($18,8 \pm 4,3 \%$) fueron el tratamiento que mayor supervivencia ($p < 0,05$) en comparación con *25Iso:75Cha* ($6,3 \pm 0,4 \%$), *50Iso:50Cha* ($5,5 \pm 2,3 \%$), *75Iso:25Cha* ($1,2 \pm 1,3 \%$) y *100Iso:0Cha* ($1,0 \pm 0,6 \%$), (Fig. 4).

Estudios previos han demostrado que la combinación de una diatomea (*C. gracilis*) y un dinoflagelado (*I. galbana*) producen mejores crecimientos en larvas de pectínidos (Cerón-Ortiz *et al.*, 2009; Soria *et al.*, 2010). Sin embargo, el hecho de que los resultados hayan variado significativamente en los tratamientos (proporciones suministradas) sugiere que si bien la adición de ambas microalgas es necesaria, la proporción requerida por ellas puede variar dependiendo de la especie a cultivar y de la calidad de las microalgas a suministrar.

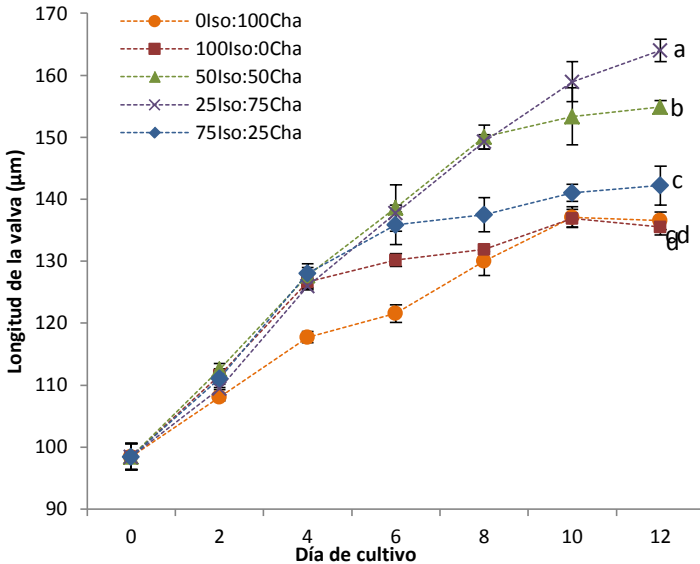


Figura 3. Crecimiento larval (media±ES; n=3) de *S. limbatus* hasta el día 12 alimentados con diferentes proporciones de alimento. Diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos al final del experimento. ($P < 0,05$, comparaciones múltiples de Scheffe).



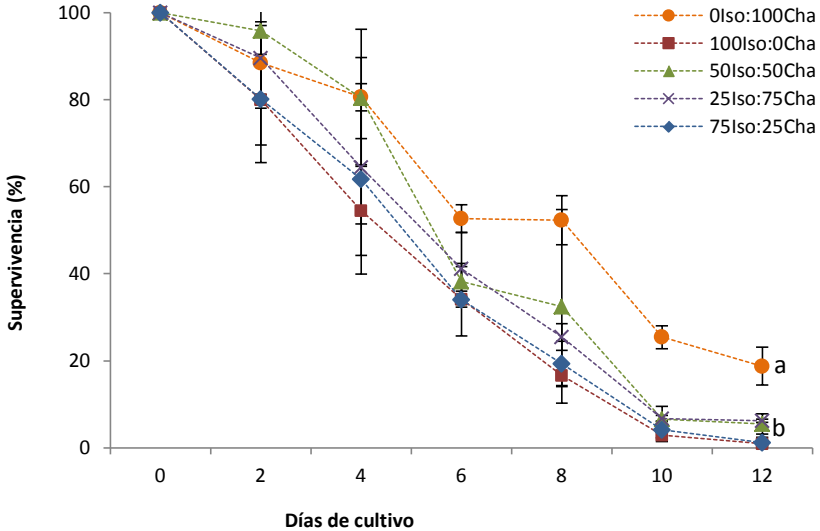


Figura 4. Supervivencia de larvas (media±ES; n=3) de *S. limbatus* hasta el día 12 alimentados con diferentes proporciones de alimento. Diferentes letras indican diferencias significativas entre los tratamientos al final del experimento. (P<0,05, comparaciones múltiples de Scheffe).

Fijación y crecimiento de juveniles

Se cuantificó que el 86% del total de individuos fijados tuvo preferencia al sustrato rugoso (cara exterior de la valva), mientras que el 14% restante fue observado en sustrato liso (cara interna de la valva) (Fig. 5, derecha). Sin embargo, luego de 6 meses no se observaron diferencias notables en tallas entre ambos grupos, liso ($1,4 \pm 0,5$ cm) y rugoso ($1,5 \pm 0,6$ cm) (Fig. 5, izquierda). Junto con los organismos sueltos ($0,9 \pm 0,3$ cm) la medida promedio de juveniles de *S. limbatus* luego de 6 meses fue de $1,3 \pm 0,5$ cm. Estos crecimientos son más lentos que los reportados en otros pectínidos como *Pecten maximus* (5-10 mm en 19 días, a 23°C; Laing, 2000). A diferencia de otros moluscos bivalvos, en nuestros experimentos fueron observadas postlarvas de *S. limbatus* reptando en los sustratos un largo periodo (por lo menos 3 meses), y sin registrar crecimientos notables ($1,2 \pm 0,1$ mm de longitud de concha). Un comportamiento similar fue observado también por Parnell (2002) en *Spondylus tenebrosus*, por lo cual se piensa que es un comportamiento de la ontogenia del género *Spondylus*, lo cual dificulta notablemente la producción de semillas a tallas adecuadas. Dada las elevadas mortalidades de nuestros estudios, en el desarrollo larvario y particularmente en el proceso de fijación, las hipótesis alternativas que explicarían este comportamiento son la posibilidad de la existencia de una baja



calidad de huevos y condiciones de cultivo (alimentación y calidad de agua) dado que los reproductores son organismos mantenidos en laboratorio con dietas de 2-3 microalgas. En la actualidad se están realizando ajustes para una mejor calidad de agua y alimento, con ensayos con organismos con un tratamiento con mayor variedad de microalgas y organismos provenientes de la naturaleza, para dilucidar las hipótesis antes señaladas. Como producto de una reciente reproducción inducida y desarrollo larvario y postlarvario (febrero 2015) y el conocimiento generado en la ontogenia de la especie, se han producido unos 3.000 juveniles de *Spondylus limbatus* fijados en varios materiales (Fig. 6).

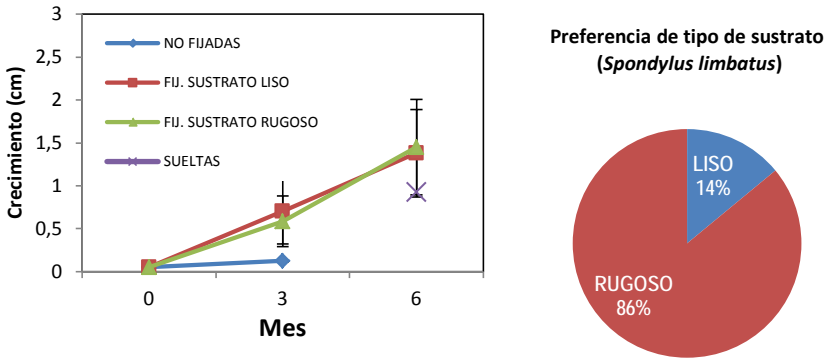


Figura 5. Izquierda: crecimiento de juveniles de *S. limbatus* fijados en sustrato liso y rugoso, no fijados y sueltas durante 6 meses; derecha: porcentaje de organismos fijados en sustrato liso vs rugoso.



Figura 6. Juveniles de *Spondylus limbatus* fijados a un trozo de concha de la misma especie, provenientes de la primera producción masiva en el CENAIM-ESPOL.



Conclusiones

Los resultados presentados a lo largo de todos los procesos de producción de *S. limbatus* constituyen la base para el desarrollo de protocolos que permitan la reproducción en laboratorio y posterior reincorporación de este recurso en el medio natural. Sin embargo, es necesario realizar futuros estudios con la finalidad de optimizar la producción de *S. limbatus* en todas sus etapas, particularmente en la etapa de metamorfosis y fijación y crecimiento post-metamórfico.

La producción masiva y el conocimiento del ciclo de vida temprano de *Spondylus limbatus*, atípico en su fase de asentamiento y cementación al de los moluscos bivalvos, hasta ahora descritos, supone un aporte relevante para la biología de la especie y su producción bajo condiciones controladas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los departamentos de Moluscos y Fitoplancton del CENAIM-ESPOL por el apoyo técnico para la realización de los experimentos. Estos resultados forman parte del proyecto “Producción en laboratorio de semilla de la concha *Spondylus* spp., para repoblación en la zona del Islote El Pelado provincia de Santa Elena”, financiado por la Subsecretaría de Acuicultura y Pesca del Magap. La participación de C. Lodeiros se realizó a través del Proyecto Prometeo de la SENESCYT, en su vinculación al CENAIM-ESPOL.

Referencias

- Aguilar, F., Méndez, W., Revelo, W., Delgado, L. y Vitar J.F. 2010. Reporte biológico de la concha *Spondylus* (*Spondylus calcifer* y *S. princeps*) en la zona de Pto. López-Manabí. Instituto Nacional de Pesca. Proceso IRBA.
- Cerón-Ortiz, A., Cordero, B., Arredondo-Vega, B. y Voltolina, D. 2009. Effect of algal diet and temperatura on survival, growth and biochemical composition of spat of the lion's paw scallop *Nodipecten subnodosus*. *Aquaculture* 298: 64-69.
- Coan, E.V. y Valentich-Scott, P. 2012. Bivalve seashells of tropical West America. Marine bivalve mollusks from Baja California to noerthern Peru. Santa Barbara: Santa Barbara Museum of Natural History. 2 vols, 1258 pp.
- Cochard, J.D. y Gérard, A. 1987. Production artificielle de naissain de coquille Saint-Jacques *Pecten maximus* (L.) en rade de Brest: analyse des facteurs affectant la croissance larvaire. Sixth International Pectinid Workshop, Menai Bridge, Wales, 9-14 April 1987. 12 pp.



- Cota, G. 2011. Reproducción y crecimiento de *Spondylus calcifer* (Carpenter, 1825) en la zona Centro Occidental del Golfo de California (Agua Verde, B.C.S). Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 73 pp.
- Cudney-Bueno, R. y Rowell, K. 2008. Establishing a baseline for management of the rock scallop, *Spondylus calcifer* (Carpente 1857): Growth and reproduction in the upper Gulf of California, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 27 (4): 625-632.
- Helm, M., Bourne, N. y Lovatelli, A. 2006. Hatchery culture of bivalves. A practical manual fisheries technical paper, 471. FAO. Roma, 177 p.
- Laing, I. 2000. Effect of temperature and ratio on growth and condition of king scallop (*Pecten maximus*) spat. *Aquaculture* 183: 325-334.
- Le Pennec, M., Paugam, A. y Le Pennec, G. 2003. The pelagic life of the pectinid *Pecten maximus* – a review. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 211-223.
- Mackensen, A.K., Brey, T. y Sonnenholzner, S. 2011. The fate of *Spondylus* stocks (Bivalvia: SPONDYLIDAE) in Ecuador: Is recovery likely? *Journal of Shellfish Research*, 30: 115-121, 2011.
- Mendívez, W., Aguilar, F., Revelo, W., Delgado, L y Vitar, J.F. 2010. Reporte biológico de la concha *Spondylus* (*Spondylus calcifer* y *S. princeps*) en la zona de Ayangué-Santa Elena. Instituto Nacional de Pesca. Proceso IRBA.
- Parnell, P.ED. 2002. Larval development, precompetent period, and a natural spawning event of the Pectinacean Bivalve *Spondylus tenebrosus* (Reeve, 1856). *The Veliger* 45(1): 58-64.
- Paulsen, A.C. 1974. The thorny oyster and the voice of God: *Spondylus* and *Strombus* in Andean prehistory. *Am. Antiq.* 39: 597-607.
- Revelo, W. y Aguilar, F. 2012. Aspectos Biológicos de la Concha *Spondylus* (*Spondylus calcifer* y *S. princeps*) en los alrededores de la Isla Santa Clara-El Oro, Abril 2012. Instituto Nacional de Pesca. Proceso IRBA.
- Revelo, W., Aguilar, F., Mendívez, W., Vitar, J.F., y Delgado, L. 2011. Reporte biológico de la concha *Spondylus* (*Spondylus calcifer* y *S. princeps*) en la zona de Súa-Esmeraldas. Instituto Nacional de Pesca. Proceso IRBA.
- Soria, G., Tordecillas-Guillen, T., Cudney-Bueno, R. y Shaw, W. 2010. Spawning Induction, Fecundity Estimation, and Larval Culture of *Spondylus calcifer* (Carpenter, 1857) (Bivalvia: Spondylidae). *Journal of Shellfish Research*, 29(1): 143-149.
- Villalejo-Fuerte, M., Arellano-Martínez, M., Ceballos-Vázquez, B.P. y García-Domínguez, F. 2002. Reproductive cycle of *Spondylus calcifer* CARPENTER, 1857 (Bivalvia: Spondylidae) in the “Bahía de Loreto” National Park, Gulf of California, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 21(1): 103-108.





La acuicultura en el Perú: producción, comercialización, exportación y potencialidades

Paul Martín Baltazar Guerrero¹, Jacqueline Palacios León²

¹Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Escuela de Biología Marina y Econegocios, Panamericana Sur Km 19, Villa El Salvador, Perú.

²Instituto del Mar del Perú IMARPE Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú.

E-mail: pbaltazar@cientifica.edu.pe, jpalacios@imarpe.gob.pe

Resumen

La acuicultura peruana viene experimentando un crecimiento significativo en las últimas décadas, tal es así que los volúmenes de cosechas en 1993 fueron de 4.753 T y en el 2013 fue de 105.158 T, con tasas de crecimientos del 22 %; así mismo, las exportaciones pasaron de US\$ 21.223 a US\$ 278.796.775. Las principales especies y las de mayores volúmenes de cosecha corresponden a las que se cultivan en el mar como es el caso de la concha de abanico y el langostino. En la parte continental se tiene a la trucha, tilapia, paiche, gamitana, y paco, entre otros. El objetivo del presente trabajo es proporcionar información sobre el panorama acuícola peruano, destacando las principales especies producidas, mercado y comercialización de estas y en base a ello efectuar un análisis y proyectar las potencialidades de la actividad en el país.

Palabras clave

Acuicultura, Perú, *Argopecten*, langostino, peces.

La acuicultura en el Perú

La producción acuícola peruana se ha incrementado de 4.753 (1993) a 105.158 T (2013) T (Fig. 1), lo que indica que en veinte años ha habido un notable crecimiento 22 veces su valor. Está dividida en acuicultura marina y continental, siendo la maricultura la que genera los mayores volúmenes de producción (72%) y de divisas (Fig. 1). Se encuentra basada principalmente en dos especies concha de abanico (*Argopecten purpuratus*) y langostino (*Litopenaeus vannamei*), cuyas producciones son destinadas principalmente a la exportación. A nivel continental (27%) tenemos los peces nativos, como el paiche (*Arapaima gigas*) gamitana



(*Colossoma macropomun*), paco (*Piaractus brachypomus*), sábalo de cola roja (*Brycon erythropterum*), boquichico (*Prochilodus nigricans*) y un híbrido derivado de ellos como es la pacotana, que se orientan principalmente al mercado local. Las especies introducidas como el camarón de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*), es cultivado en selva alta (San Martín) y la zona norte del Perú (Lambayeque) principalmente para consumo local; la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) cultivada en la zona alto andina (Puno, Huancavelica, Ancash, Junín) y la tilapia (*Oreochromis spp.*) en la costa centro-norte (Ica-Tumbes) y selva alta (San Martín), ambas para consumo local y exportación.

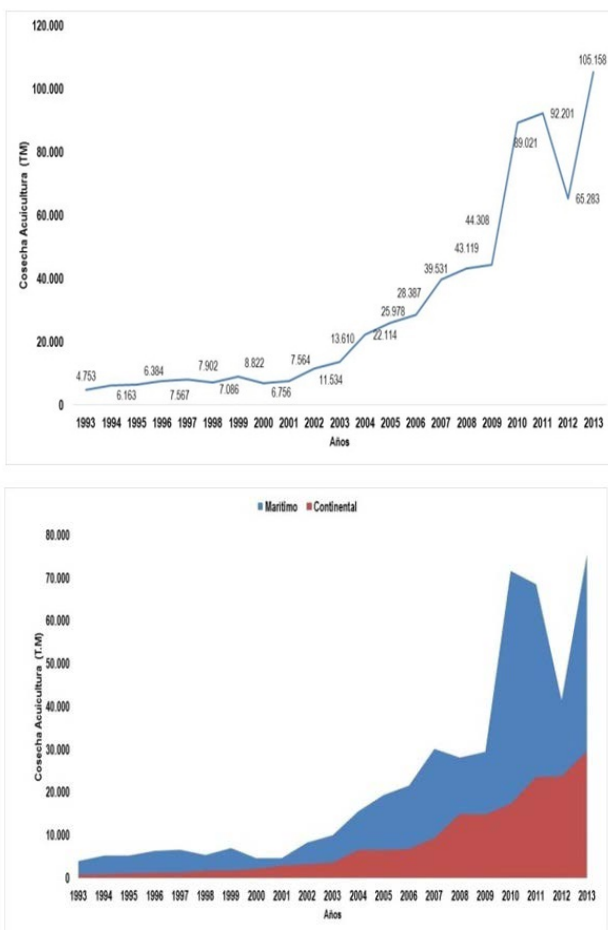


Figura 1. Volúmenes de producción de la acuicultura peruana
Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE.



Por otro lado, se vienen desarrollando cultivos aun poco consolidados y de bajos volúmenes de producción, como es el caso del lenguado (*Paralichthys adspersus*) en Ancash y las macroalgas (*Chondracanthus chamissoi*, *Macrocystis* spp. y *Lessonia* spp.), cuyos cultivos se realizan en la Región Ica, Arequipa y Moquegua.

Mercado y comercialización

Las cosechas provenientes de la acuicultura cuentan con dos vías de comercialización: la exportación y el mercado interno. Las principales especies destinadas a la exportación son concha de abanico, langostino, trucha, tilapia y paiche. Así mismo, hay que señalar que éstas han tenido un crecimiento sostenido de 2.887 a 33.552 T, lo que significó ventas de 21.233 a 278.796.775 millones de dólares, en los años 1992 y 2013 respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Exportaciones de productos hidrobiológicos procedentes de la acuicultura por volumen y miles US\$.

| Especies /Año | 2009 | | 2010 | | 2011 | | 2012 | | 2013 | |
|---------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
| | T | US\$ | T | US\$ | T | US\$ | T | US\$ | T | US\$ |
| C. Abanico | 8.041 | 40.136.236 | 9980 | 96.427.147 | 14.536 | 131.293.390 | 4.384 | 59.987.834 | 15.167 | 140.044.267 |
| Langostino | 13.370 | 57.615.891 | 9932 | 62.560.193 | 15.404 | 87.501.370 | 12.989 | 86.323.379 | 16.573 | 128.355.007 |
| Trucha | 786 | 350.503 | 953 | 709.725 | 1.031 | 1.186.316 | 1.322 | 1.441.458 | 1.514 | 1.327.211 |
| Tilapia | 62 | 4.030.981 | 94 | 4.998.082 | 239 | 7.719.098 | 192 | 1.322 | 282 | 8.835.440 |
| Paiche | 0 | 0 | 2 | 23.153 | 32 | 379.098 | 96 | 1.468.195 | 16 | 234.850 |
| Total | 22.259 | 102.133.611 | 20.961 | 164.718.300 | 31.062 | 228.079.273 | 18.983 | 149.132.187 | 33.552 | 278.796.775 |

Con respecto al mercado interno, las principales especies comercializadas son la trucha arco iris, la tilapia, la gamitana, el sábalo cola roja, el langostino y la concha de abanico. De igual modo se debe mencionar que la evolución del mercado interno ha ido en aumento, siendo esta del 38% puesto que de 777 T comercializadas en 1993, para el 2013 esta fue de 29.616 T.

Distribución de los derechos acuícolas

La acuicultura en el Perú se ha venido incrementando en los últimos años, tal es así, que en 2003, se otorgaron 1,335 autorizaciones en 6,373 hectáreas; y para el año 2010 se concedieron 3,764 derechos de acuicultura en 7184.38 hectáreas de espejo de agua. Siendo la parte marina la que cuenta con la mayor cantidad de hectáreas en cultivo 5,546.89 (77%) y en menor proporción la parte continental 1,637.49 ha (23%) (Fig. 2).



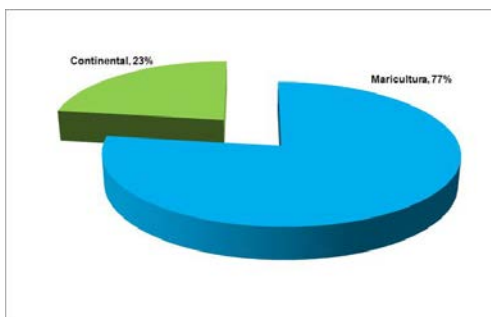


Figura 2. Porcentaje de hectáreas concedidas para desarrollo de la actividad acuícola en el Perú al 2010. Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE.

Desde el 2003, las autorizaciones para desarrollar la actividad acuícola, las otorgan además del Ministerio de la Producción (PRODUCE); las Direcciones Regionales del PRODUCE (DIREPRO'S). La mayor parte de concesiones en hectáreas dadas para desarrollar la maricultura ha sido otorgada principalmente por el PRODUCE, dado que estas corresponden a mayor escala (producciones mayores a las 50 T/anales) y en la parte continental son las DIREPRO'S las que han tenido mayor intervención, debido a que estas autorizaciones han correspondido a menor escala (de 2 hasta 50 T/año) y subsistencia (menor de 2 T/Año) (Fig. 3).

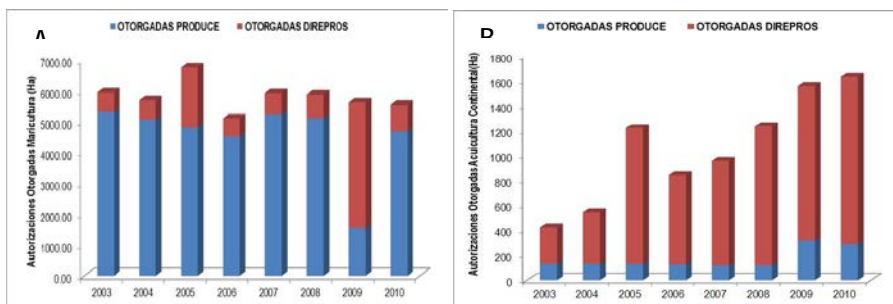


Figura 3. Derechos acuícolas en hectáreas otorgados por el estado peruano
Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE

En la parte marina, las mayores áreas de cultivo corresponden a las especies *A. purpuratus* (53%) y *L. vannamei* (37%); en el ámbito continental las mayores áreas otorgadas han sido para desarrollar el cultivo de peces amazónicos (62%), *O. mykiss* (12%), *Oreochromis* spp. y crustáceos como el *L. vannamei* (10%) y el *M. rosebergii* (11%) (Fig. 4).



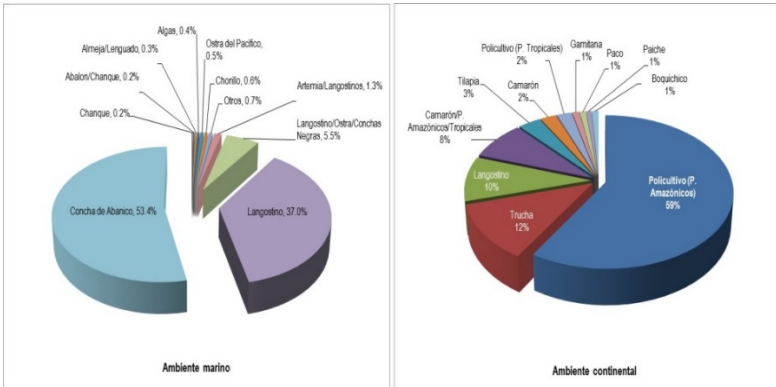


Figura 4. Derechos acuícolas en hectáreas por ambientes de cultivo y especies
Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE

Las regiones que cuentan con mayores hectáreas al 2010, para desarrollar la maricultura son La Libertad (31.5%), Piura (30.0%) y Ancash (29.6%) principalmente para el cultivo de concha de abanico. Con respecto al ambiente continental, las regiones con mayores derechos para desarrollar la acuicultura se encuentran Loreto (45%), Piura (16%) y San Martín (14%) (Fig. 5).

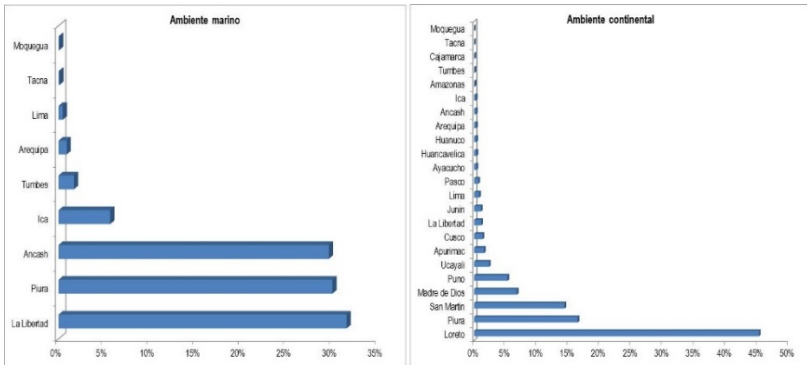


Figura 5. Derechos acuícolas en hectáreas por ambientes de cultivo y regiones
Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE

Por otro lado, en Sechura (Región Piura) se han habilitado para repoblamiento 15,988.95ha para el cultivo de concha de abanico, que son manejadas por Asociaciones de Pescadores Artesanales (OSPAS), habiéndose formalizado ante la Dirección Regional de la Producción Piura alrededor de 148, al 2014. Por otro lado aún existen un gran número de asociaciones informales llegando a ser estas de aproximadamente 62.



Según el nivel de desarrollo, la producción acuícola estaría sustentada principalmente en empresas de menor escala y las asociaciones que desarrollan actividades de repoblamiento las cuales en conjunto tienen una participación de 63.14%, el nivel de acuicultura de mayor escala tiene una participación de 36.22% y la acuicultura de subsistencia o de recursos limitados tendrían una participación 0.64% (Mendoza 2011).

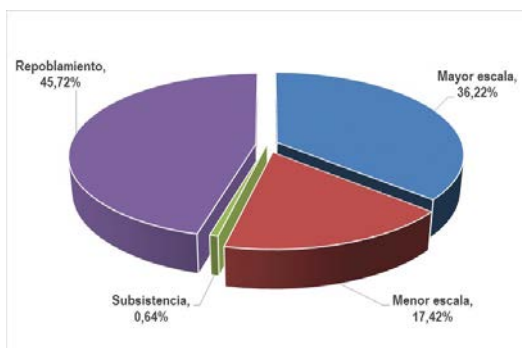


Figura 6. Participación acuícola por nivel de desarrollo en 2010

Fuente: Produce, Mendoza 2011.

Acuicultura Marina

Concha de Abanico

La producción de concha de abanico se ha incrementado de 309 T (1993) a 57.349 T (2013) (Fig. 7 A). En los últimos tres años, las mayores producciones se han presentado en la región Piura, en donde principalmente el cultivo de concha de abanico se realiza en áreas de repoblamiento y es realizado por las OSPAS (Fig. 7 B). En este caso la semilla proviene de los propios bancos naturales.

El segundo nivel, lo ocupa la región Ancash, en donde el cultivo predominante es del tipo suspendido y las semillas provienen de hatchery y/o de colectores (captación natural) (Baltazar 2010). En el 2012 se observa una caída brusca de la producción de concha de abanico, pasándose de las 52.213 T del año 2011 a cosechar 24.782 T y luego incrementarse en 235 % durante el 2013. La disminución de la cosecha se debió a las altas mortalidades que se presentaron en los cultivos de fondo en la Bahía de Sechura y que estuvieron relacionados a presencia constante de mareas rojas, así como a la bajada de precio y las crisis europea y americana.



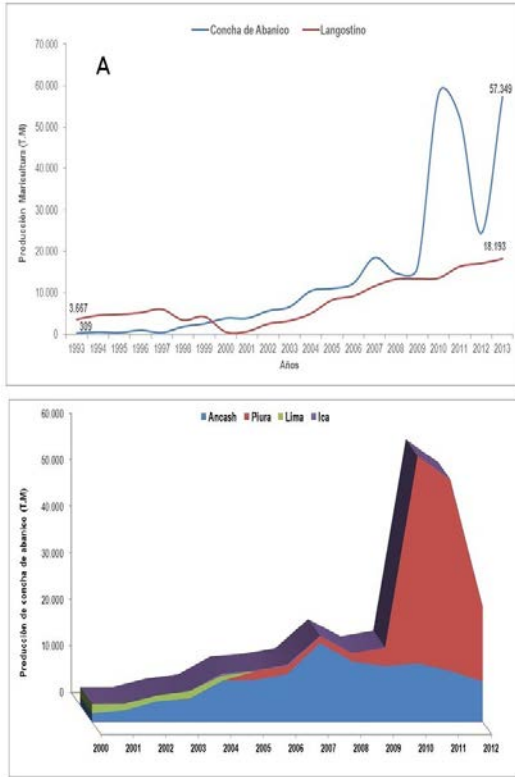


Figura 7. Producción de concha de abanico total y por regiones

Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE

Cabe resaltar que el 90 % de lo cosechado es destinado a mercado extranjero y solo un 10 % al mercado local. Con respecto a las exportaciones, se ha incrementado de 144 T (1998) a 9.476 T (2013), lo cual ha significado ingresos de US\$ 1.318 a 90.595.322, respectivamente. Durante el 2013, la producción fue exportada a 28 países, siendo los principales mercados: Estados Unidos, Francia, Bélgica, Italia, Australia, Países Bajos, España, Canadá, Chile, Reino Unido y otros (Fig. 8 A). Los países que incrementaron su demanda con respecto a otros años fueron EE.UU, Bélgica, Canadá, y Australia y entre los que disminuyeron, estuvo Francia. Para este mismo año las principales empresas exportadoras fueron Corporación Refrigerados INYSA Inversiones Prisco, Seafrost, Acuacultura y Pesca, Pesquera San Simone, Productora Andina de Congelados, Nemo Corportarion y Negocios de Distribución y Exportaciones, entre otras.

Entre enero y julio del 2014 las exportaciones de concha de abanico se incrementaron en 8.5 por ciento respecto al mismo periodo del 2013 (RPP Economía, 2014).



Langostino

Las mayores producciones de langostino provenientes del cultivo, se dan en las regiones de Tumbes y Piura, siendo estas del 92% y 8 %, respectivamente. Así mismo, las cosechas se han incrementado alrededor del 5% en los periodos de 1993 (3.667 T) - 2013 (18.193 T). Entre los años 1999 al 2002 existe una caída brusca de la producción que estuvo relacionada con las mortalidades que ocasiono la “mancha blanca”; posteriormente los cultivos se logran recuperar después de una fuerte inversión en cultivos bioseguros (Fig. 8 A). En el 2013, el 96% de la cosecha fue exportada principalmente a los mercados Estados Unidos (67%), España (18%), Rusia y Francia (5%), Japón y Corea del Sur (2%), entre otros (Fig. 8B). Las principales empresas que más vendieron al exterior fueron Marinazul, Eco-acuícola, Corporación Refrigerados INI SA y La Fragata.

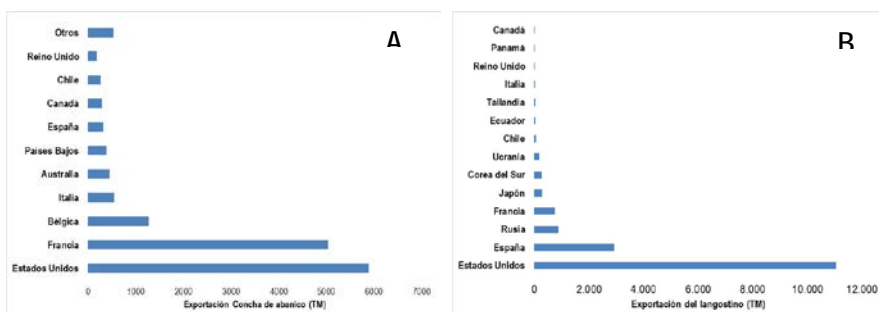


Figura 8. Principales países de destino de las especies provenientes de la maricultura en 2013. Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE.

Acuicultura Continental

Trucha

El cultivo de esta especie se realiza en 16 departamentos andinos del Perú y se desarrolla principalmente en jaulas y con ovas importadas; Los mayores volúmenes de producción se presentan en Puno (66%), seguido de Junín (20%), Huancavelica (3,4%), Cuzco (1,3%), Cajamarca (1,3%) y Ayacucho (1,1%) (Fig. 9 A).

Los volúmenes de producción se han incrementado desde 117 T (US\$ 395 mil) a 25.323 T (US\$ 8.835.440), durante los años 1998 y 2013; cabe indicar, que el 92 % se comercializa en mercado local y solo el 8 % es exportado hacia 15 países, entre los que destacan principalmente Canadá (28%), Países Bajos (14%), Alemania (12%) , Rusia (9%), China (7%), Francia (7 %), Suecia (3%), Estados Unidos (3 %), Brasil (3%), entre otros (Fig.9 B).



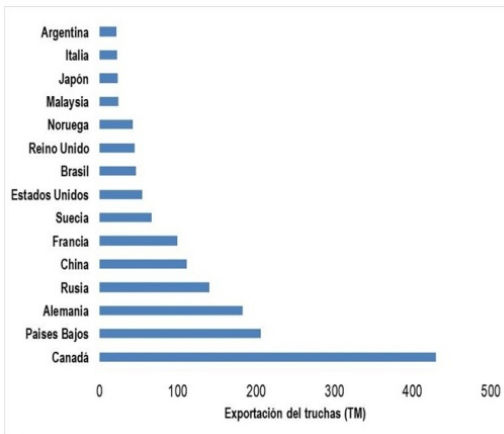
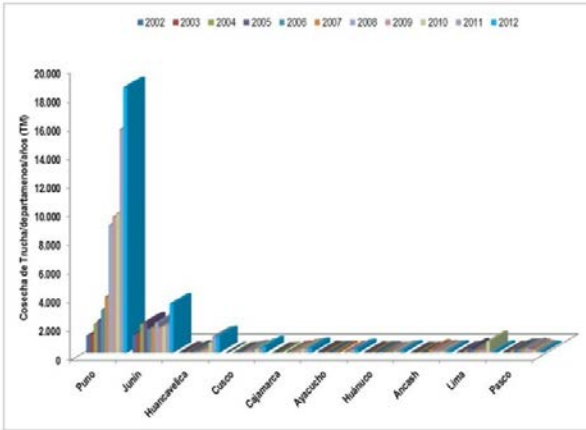


Figura 9. Producción y exportación de trucha (T)
Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE

La Tilapia

Actualmente las especies que se vienen trabajando en diversas partes del país corresponden a *Oreochromis niloticus* (toda la costa y San Martín), *Oreochromis* sp. variedad chitralada (Piura, San Martín) y roja (Lima, La Libertad, Lambayeque, Ica y San Martín) y *Oreochromis aureus* (ND 41) (Piura) (Baltazar 2009). El cultivo de esta especie se desarrolla en estanques de tierra y en algunas represas y lagunas (Hurtado 2003; Baltazar 2007). La actividad se desarrolla en 10 regiones que se encuentran tanto en la costa como en la amazonia. Los volúmenes de producción en el 2000 fueron de 40 T y en el 2013 de 2.922 T; Las zonas productoras son Piura (74%), San Martín (24%), Lima (2%) y Cajamarca (0,2%) (Fig. 10 A). Cabe indicar que el 91% de la producción es comercializada en el mercado local y el 9% es destinado al



mercado internacional, siendo los principales consumidores Estados Unidos (81%), Ecuador (18,5%) y Chile (0.5%) (Fig. 10 B).

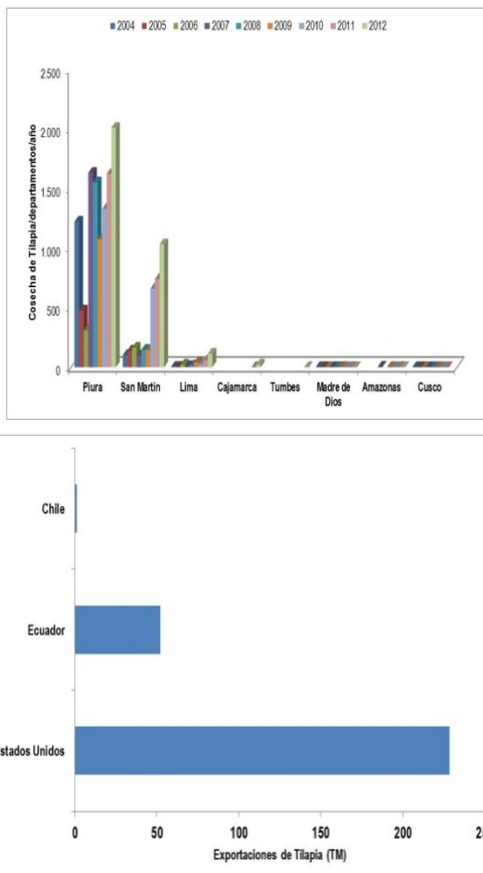


Figura 10. Producción y exportación de tilapia (T)
Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE

Peces amazónicos y tropicales

Dentro de este grupo se incluyen a los peces como paiche, gamitana, paco, sábalo, boquichico, pacotana, carachama, carpa y el crustáceo camarón de Malasia. Estas especies se cultivan en forma semiintensiva en estanques de tierra. Los mayores volúmenes de cosecha entre el 2004 y 2013 han correspondido a la Gamitana (57%) y Paco (11%); y entre el 2010 y 2013 al Paiche (17%) (Fig 11 A). Entre los departamentos que tienen mayores producciones se encuentran Loreto (61%), San Martín (16%), Madre de Dios (10%), Ucayali (8%), entre otros (Fig. 11). Cabe destacar, que el 100 % de lo



cosechado es destinado al mercado local; salvo un 20% del cultivo del Paiche que es enviado a Estados Unidos.

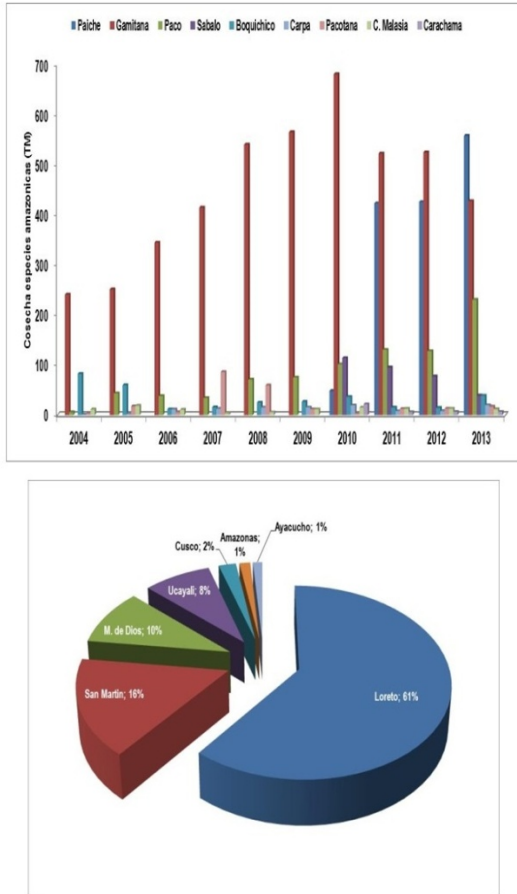


Figura 11. Producción de especies amazónicas por especie, departamentos y exportación y años (T). Fuente: elaboración propia, basado en información PRODUCE.

Proyecciones y potencialidades

Por el ritmo de crecimiento que viene mostrando la actividad acuícola en el Perú y faltando aún áreas por ocupar e intensificar, el cultivo de especies continentales y marinas, la alta demanda de productos y mayor desarrollo de los mercados tanto internos como externos; podrían conllevar a que esta actividad sobrepasa volúmenes mayores a los 130 mil toneladas para los siguientes años.

Por otro lado, actualmente diversas instituciones tanto privadas como estatales vienen desarrollando investigaciones en diversos aspectos del cultivo en especies marinas y continentales; de las cuales muchas de ellas ya se encuentran en etapa



comercial; se espera que en los próximos 5 años el número de especies en cultivo se incrementen y que estos sean desarrollados por las regiones tomando en cuenta la abundancia y las características fisicoquímicas del ambiente, entre las especies potenciales podemos mencionar: *Anisotremus escapularis* “Chita”, *Mugil cephalus* “Lisa”, *Paralichthys adspersus* “Lenguado”, *Cilus gilberti* “Corvina”, *Haliotis rufescens* “Abalon rojo de california”, *Ensis macha* “Macha”, *Loxechinus albus* “Erizo verde” *Pimelodus* pp. “Zungaro”; macroalgas como *Macrocystis* spp. “sargazo” *Gracilariopsis lemaneiformis* “Pelillo”, *Chondracanthus chamissoi* “Yuyo”, *Lessonia* spp. “Aracanto”.

Referencias

- Baltazar P.M. 2007. La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. Rev. Perú. biol. Número especial 13(3): 267 - 273 (Julio 2007).
- Baltazar P.M. 2009. Cultivo de tilapias en Perú. Infopesca Internacional N 40:21-26.
- Baltazar P.M. 2010. Aspectos productivos del cultivo de fondo de conchas de abanico en la Bahía de Sechura. Infomar Perú. Edición Agosto-setiembre 2010, N° 4.
- Mendo J. 2013. Asistencia técnica para la evaluación del potencial de stocks de conchas de abanico. Proyecto de cooperación UE-Perú en materia de asistencia técnica relativa al comercio. Informe Proyecto UE-Perú/penx ala/2004/016-913.<http://www.mincetur.gob.pe/Comercio/ueperu/licitacion/pdfs/Informes/73.pdf>
- Mendoza, D. Informe: Panorama de la Acuicultura Mundial, en América Latina y el Caribe y en el Perú, Dirección General de Acuicultura, Ministerio de la Producción. Lima, Perú. 2011. 66p.
- Nicolás Hurtado Totocayo 2003. La Tilapia Roja en el Perú. Revista AquaTIC, N° 19, pp. 41-52. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/>
- RPP Economía 2014. Adex: Envíos de conchas de abanico crecieron 8,5% a julio. http://www.rpp.com.pe/2014-09-01-adex-envios-de-conchas-de-abanico-crecieron-8-5-a-julio-noticia_721442.html.



Moluscos como recurso marino en enclaves arqueológicos de la Península de Santa Elena (costa suroccidental de Ecuador), ¿Un referente para la acuicultura?

Guerra, A.¹; Colcha, L.²; Santana, J.^{2,3}; López, E.²

¹ Becario Prometeo SENESCYT. CIBPA-INCYT, Estatad de Santa Elena, Ecuador.

² Proyecto Arqueológico Samarina. Universidad Estatal de Santa Elena, Ecuador.

³ Becario Prometeo SENESCYT. INCYT. Universidad Estatal de Santa Elena, Ecuador.

E-mail: aguerradiaz@gmail.com

Resumen

Se analiza la presencia y predominancia de exoesqueletos calcáreos procedentes de acumulaciones de conchas de moluscos en el enclave arqueológico OGSE-46 Samarina de la cultura Guangala o periodo de Desarrollo Regional (costa suroccidental de Ecuador, 500 a.C.-500 d.C.). Estas acumulaciones, denominadas concheros, son resultado de las actividades domésticas y de subsistencia de estos grupos, y constituyen un importante reflejo de la relación entre los habitantes antiguos de la costa ecuatoriana y los recursos marinos susceptibles de explotación económica. Son consideradas las especies más representativas por su abundancia en el sitio indicado, y consumidas probablemente por las poblaciones asentadas en este entorno. Por orden de relevancia son las siguientes, en bivalvos (n=13272): *Arca pacífica*, *Anadara tuberculosa*, *Maetra velata*, *Protothaca ecuatoriana*, *Chama frondosa*, *Pteria sterna*, *Protothaca aspérrima*, *Chione subrugosa*, *Mactrellona exoleta*, *Spondylus* sp.; y en gasterópodos (n=11417): *Cerithium* sp., *Cerithidea mazatlanica*, *Thais biserialis*, *Turbo squamiger*, *Turbo fluctuosus*, *Crepidula onyx*, *Thais* sp. y *Cantharus elegans*. Las especies *Arca pacífica* y *Anadara tuberculosa* representan el 75,68% del total de bivalvos presentes; mientras que los gasterópodos *Cerithium* sp. y *Cerithidea mazatlanica* con el 32,33% son los más abundantes. La mayor parte de las especies de bivalvos y gasterópodos son características de zonas de estuario y manglar, que en la actualidad no existen, y con ello la desaparición en la zona de la mayoría de estas especies. Esta información se valora en el marco de la explotación actual de estos recursos pesqueros, y como referente para el desarrollo de planes integrales de gestión y recuperación de las especies a través de la acuicultura.



Palabras Clave

Moluscos marinos, concheros, acuicultura, Santa Elena.

Introducción

Aunque en Ecuador los moluscos no son, en general, pesquerías sometidas a una gestión sostenible, muchas especies están incorporadas a la dieta y costumbres alimentarias de la población, y son un reclamo turístico, como es el caso del *Spondylus* sp. A pesar de esta importancia, no aparecen en registros oficiales publicados como pesquerías reguladas en su extracción, ni existen planes de manejo orientados a la sostenibilidad de las especies, encontrándose algunos de estos recursos en estado de sobrepesca y extinción (Murillo *et al.* 2013).

La contribución se fundamenta en el análisis de los restos malacológicos de un yacimiento arqueológico situado en la península de Santa Elena (costa suroccidental de Ecuador) durante el periodo Guangala o de Desarrollo Regional (500 a.C.-500 d.C.). La información malacológica que se extrae de estos registros arqueológicos resulta significativa desde la perspectiva histórica, ya que permite profundizar en el conocimiento de las estrategias de subsistencia de estos grupos. Al mismo tiempo, sirven como un referente para conocer las especies malacológicas presentes en esta área tiempo atrás. Los registros arqueológicos constituyen contextos específicos que son consecuencia de determinadas decisiones humanas (económicas, sociales, simbólicas, tafonómicas), y aunque las especies animales y vegetales presentes en los yacimientos no son resultado directo de los agentes naturales, su presencia ilustra sobre la variabilidad de especies accesibles en una zona concreta. De tal modo que las evidencias arqueológicas permiten obtener una imagen aproximada de la biodiversidad en el pasado, a priori menos influenciada por el impacto del ser humano (Lodeiros *et al.*, 2012). En este sentido, las evidencias arqueológicas del periodo Guangala de OGSE-46 Samarina aportan datos importantes sobre la biodiversidad y las estrategias de explotación de los recursos malacológicos de la península de Santa Elena en el pasado. Este conocimiento puede ayudar a la toma de decisiones sobre la oportunidad del cultivo de determinadas especies de moluscos e industrias acuícolas, así como de políticas de investigación y gestión ambiental y de recuperación de los recursos naturales de la zona.

Materiales y métodos

Materiales

La muestra analizada está compuesta por los restos malacológicos recuperados durante las campañas de intervención arqueológica de los años 2011, 2012 y



2013 en el yacimiento arqueológico OGSE-46 Samarina (Colcha *et al.*, 2014). Este enclave se sitúa sobre un pequeño acantilado en el litoral de la ciudad de La Libertad en la Península de Santa Elena (PSE, Ecuador) (Fig. 1). El yacimiento arqueológico consiste en una serie de montículos y terraplenes originados por la actividad antrópica de diferentes culturas a lo largo de la historia (Bushnell, 1951; Colcha *et al.*, 2014). Constituye, además, uno de los espacios con mayor continuidad ocupacional de la costa ecuatoriana, con evidencias desde la cultura Valdivia VIII (1500 -1400 a.C.), Machalilla (1400-1000 a.C.), Engoroy (1000-500 a.C), Guangala (500 a.C.-800 d.C.), hasta la Manteño-Huancavilca temprano (800 – 900 d.C.) (Colcha *et al.*, 2014). Sin embargo, la principal ocupación humana de este yacimiento se sitúa durante las fases Engoroy y Guangala.

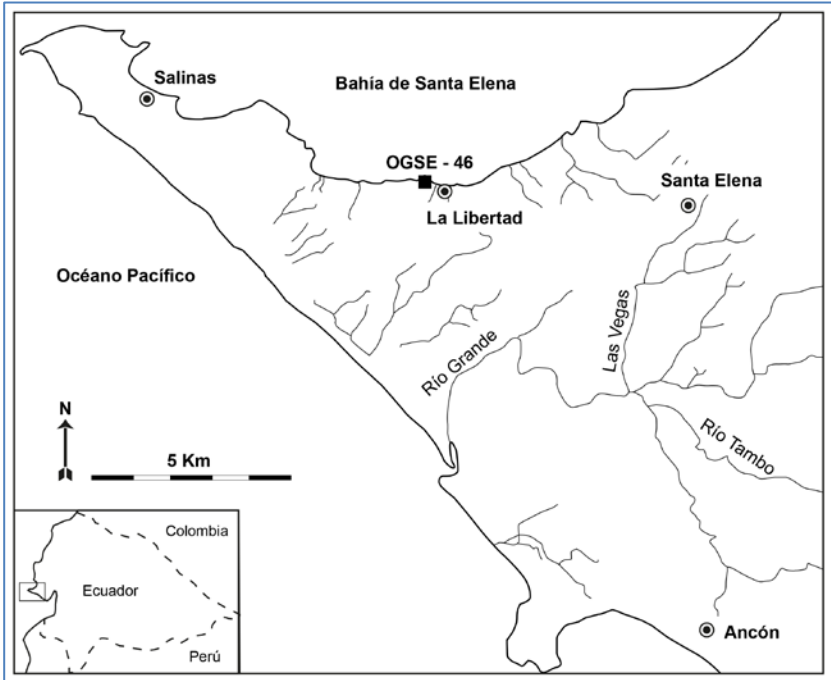


Figura 1. Localización del yacimiento arqueológico.

Los materiales analizados en esta investigación se corresponden con la última de estas fases, la Guangala o de Desarrollo Regional. Concretamente de los restos recuperados de uno de los montículos artificiales excavado recientemente (Fig. 2). Esta elevación deriva de la sucesión de depósitos antrópicos como niveles de acumulación de conchas, dos pisos preparados de tierra batida con agujeros de poste, basureros de actividades domésticas y sepulturas en fosa (Colcha *et al.*, 2014).



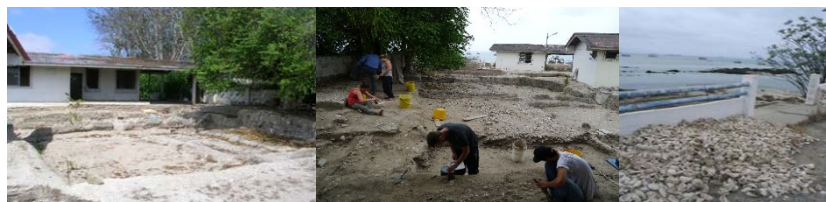


Figura 2. Excavaciones en el enclave arqueológico de OGSE-46 Samarina y acúmulos de restos calcáreos de moluscos, donde destaca la presencia del bivalvo *Arca pacífica*

Los depósitos de conchas de OGSE-46 Samarina son acumulaciones compuestas por restos malacológicos y en menor cantidad por otros restos de origen marino, como crustáceos, escáfodos y peces. También aparecen artefactos de diversa índole, como fragmentos de cerámica muy fragmentada, industria lítica, industria ósea y malacológica, restos arqueobotánicos y cenizas (Colcha *et al.*, 2014).

Métodos

Los materiales malacológicos fueron analizados macroscópicamente con objeto de clasificarlos taxonómicamente. Únicamente se estudiaron los especímenes completos o aquellos que tuvieron un 30% del cuerpo presente, los cuales sirvieron para contabilizar el número mínimo de individuos (NMI). En el caso de los bivalvos, el NMI fue calculado a partir del total de valvas dividido por dos, que si bien no constituye el mejor método de estimación, proporciona un valor estimado de la frecuencia de la especie. La determinación taxonómica fue realizada a partir de un catálogo fotográfico de especies presentes en el litoral ecuatoriano y una colección de referencia elaborado *ex profeso* por algunos de los autores (Colcha *et al.*, 2014). Los especímenes fueron medidos para clasificarlos en varias tallas según el taxón por medio de un calibrador digital con el objeto de estimar su madurez. Los especímenes fueron contabilizados en función de su rango de presencia en el conchero: poco abundantes ($n < 500$), abundantes ($n > 500$), y muy abundantes ($n > 1000$).

Resultados

Fueron recuperados 24.689 especímenes, de 120 especies entre bivalvos (34%) y gasterópodos (66%). Por orden de relevancia son las siguientes, en bivalvos ($n=13272$): *Arca pacífica*, *Anadara tuberculosa*, *Mactra velata*, *Protothaca ecuatoriana*, *Chama frondosa*, *Pteria sterna*, *Protothaca aspérrima*, *Chione subrugosa*, *Mactrellona exoleta* y *Spondylus* sp.; y en gasterópodos ($n=11417$): *Cerithium* sp., *Cerithidea mazatlanica*, *Thais biserialis*, *Turbo squamiger*, *Turbo fluctuosus*, *Crepidula onyx*, *Thais* sp. y *Cantharus elegans* (Fig. 3; Tabla 1).





Figura 3. Conchas d los moluscos más abundantes en el yacimiento. De izquierda a derecha: *Arca pacífica* y *Anadara tuberculosa* (bivalvos) y *Cerithium* sp. y *Cerithidea mazatlanica* (gasterópodos)

Tabla 1. Distribución de frecuencias de las principales especies de moluscos encontrados en el yacimiento arqueológico OGSE-46 Samarina

| BIVALVOS | NMI | Porcentaje | Abundancia |
|-------------------------------|------------|-------------------|-------------------|
| <i>Arca pacífica</i> | 6306 | 47,51% | Muy abundantes |
| <i>Anadara tuberculosa</i> | 3740 | 28,17% | Muy abundantes |
| <i>Mactra velata</i> | 1146 | 8,63% | Muy abundantes |
| <i>Protothaca colombieses</i> | 853 | 6,35% | Abundantes |
| <i>Chama frondosa</i> | 297 | 3,11% | Poco abundantes |
| <i>Pteria sterna</i> | 291 | 2,23% | Poco abundantes |
| <i>Protothaca asperina</i> | 229 | 1,73% | Poco abundantes |
| <i>Chiones subrugosa</i> | 159 | 1,20% | Poco abundantes |
| <i>Spondylus</i> sp. | 128 | 0,96% | Poco abundantes |
| <i>Mactrellona exoleta</i> | 123 | 1,29% | Poco abundantes |
| GASTERÓPODOS | | | |
| <i>Cerithium browii</i> | 1848 | 16,18% | Muy abundantes |
| <i>Turbo squamiger</i> | 1763 | 15,44% | Muy abundantes |
| <i>Thais visceralis</i> | 1483 | 12,99% | Muy abundantes |
| <i>Turbo fluctuosus</i> | 1275 | 11,16% | Muy abundantes |
| <i>Cerithidea mazatlanica</i> | 1233 | 10,80% | Muy abundantes |
| <i>Crepidula onyx</i> | 814 | 7,13% | Abundantes |
| <i>Thais distonta</i> | 807 | 7,06% | Abundantes |
| <i>Cantarus elegans,</i> | 631 | 5,52% | Abundantes |
| <i>Cantarus gemmatus</i> | 410 | 3,59% | Poco abundantes |



Las especies *A. pacífica* y *A. tuberculosa* representan el 75,68% del total de bivalvos presentes; mientras que los gasterópodos *Cerithium* sp. y *C. mazatlantica* con el 32,33% son los más abundantes.

Discusión

La variabilidad de especies de malacofauna presente en los concheros del periodo Guangala de OGSE-46 Samarina indica el importante papel de estos recursos en las estrategias económicas protagonizadas por esta cultura y, al mismo tiempo, pone de manifiesto un ecosistema con un amplio rango de hábitats naturales.

Los datos arqueológicos vinculan la explotación de estos recursos a la satisfacción de tres necesidades: 1) recursos alimenticios, 2) intercambio y comercio, y 3) materia prima para la elaboración de objetos funcionales y de adorno (anzuelos, ornamentos, etc.) (Stother, 1993; Masucci, 1995; Colcha *et al.*, 2014). La mayoría de los exoesqueletos recuperados en OGSE-46 Samarina se corresponden con especies que habitualmente son consumidas por los pueblos costeros del continente sudamericano, aunque en el estado actual de la investigación, es sumamente difícil valorar la importancia que tuvo este recurso en la dieta de esta población (Guinea, 1982). Su excelente conservación en el registro arqueológico gracias a la matriz mineral de sus conchas y el tamaño de sus exoesqueletos conduce a cierta sobrevaloración visual sobre la cantidad de carne susceptible de ser consumida, dando la impresión de constituir un recurso alimenticio de gran importancia. En este sentido, la información etnográfica sugiere que en la mayor parte de las comunidades costeras de Ecuador, los recursos malacológicos representan únicamente un complemento alimenticio, en muchos casos, sólo explotado en periodos de carencia de otro tipo de alimentos, como a finales del invierno y principio de la primavera (Osborn, 1977).

Varias de las especies presentes en OGSE-46 Samarina, como *Spondylus* sp., *Strombus gracilior* y *Pinctada mazatlantica*, pudieron ser utilizadas como materia prima para la elaboración de herramientas y objetos de adorno. Estas especies fueron habitualmente explotadas y transformadas por las culturas prehispánicas de Sudamérica (Stother, 1993). En OGSE-46 Samarina se han encontrado cuentas de collar, hachas y recipientes realizados con este material (Colcha *et al.*, 2014). En El Azúcar, otro asentamiento Guangala de la PSE, se documentaron actividades domésticas y artesanales orientadas al procesado de las conchas (Masucci, 1995). De ahí que deba entenderse la explotación de este recurso no sólo como alimento, sino también como materia prima susceptible de ser convertida en artesanías de valor añadido.

La amplia biodiversidad de especies malacológicas presentes en OGSE-46 Samarina ofrece la imagen de un ecosistema con un amplio rango de hábitats naturales. La mayor parte de las especies de bivalvos y gasterópodos son características de zonas de estuario y manglar (p.ej. *Mactra velata* y *Anadara*



tuberculosa). También aparecen especies propias de ambientes marinos litorales y de fondos rocosos sumergidos, como turbos y *Spondylus* sp. Otras especies características de sustratos rocosos, como la ostra de roca (*Striostrea prismática*) y con abundante presencia en la actualidad, son escasas en este registro arqueológico, quizás a causa del sistema de colecta, que suele provocar la pérdida de la valva inferior. En similar sentido se puede explicar la escasa presencia de *Spondylus* sp., también utilizada para ornamento y trueques comerciales.

Las especies malacológicas mejor representadas en el registro arqueológico de OGSE-46 Samarina no tienen actualmente una presencia importante en el litoral de Santa Elena, excepto *A. tuberculosa*, en franca regresión (Mora *et al.*, 2011). Incluso *Arca pacífica*, el bivalvo más abundante en Samarina, únicamente aparece en rastreos de las zonas submareales profundas (Mora, com. pers.), contrastando con su distribución en el pasado, ya que su abundancia en el yacimiento sugiere un acceso inmediato y relativa facilidad en la captura por los colectores-mariscadores del periodo Guangala.

Esta biodiversidad revela que el ambiente litoral de esta parte de la PSE durante la época Guangala fue diferente a la actual. La transformación antrópica de este territorio ha significado la desaparición de determinados hábitats naturales como el manglar y el estuario, que según los datos históricos y arqueológicos, debieron representar contextos ecológicos importantes y determinantes para la supervivencia de la mayoría de estas especies (Cruz *et al.*, 2003).

En la situación actual, únicamente especies que se adapten al cultivo en suspendido o de fondo que no exijan un sustrato arenoso fangoso serían aptas para la práctica de la acuicultura en el litoral de Santa Elena. La práctica desaparición de los manglares en el litoral de la PSE hace inviable la recuperación de determinadas especies asociadas a estos hábitats. Si parece factible, con medidas de protección y gestión de las poblaciones sobreexplotadas o residuales, el cultivo en suspensión de grupos como los ostreidos o determinadas especies bentónicas, en áreas naturales protegidas o preparadas para el cultivo implementando sistemas de protección.

Referencias

- Bushnell, G. H. S. 1951. The archaeology of the Santa Elena Peninsula in southwest Ecuador. Cambridge University Museum of Archaeology and Ethnology, Occasional Publications, no. 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- Colcha, L., López, E., Cruz I., Rodríguez, C. 2014. Aproximación Taxonómica a las Malacofaunas Arqueológicas del Sitio OGSE-46 Samarina y sus Implicancias Socioeconómicas Ambientales en el Guangala Temprano. Cantón La Libertad, Provincia de Santa Elena, Ecuador. Revista Científica y Tecnológica UPSE, Vol.02: 119-133.



- Cruz, M., N. Gaibor, E. Mora, R. Jiménez, Mair J. 2003. Lo conocido y desconocido de la biodiversidad marina en el Ecuador (Continental e insular). GAYANA (Universidad de Concepción). Vol. 67, No. 2: 232-260.
- Guinea, M. 1982. Subsistencia, ecología y explotación territorial en el poblado de Atacames, Ecuador (800-1526 dC). Revista española de antropología americana, XII: 131-155.
- Lodeiros C., Antulio P., Cipriani R., Pérez L.G., Conteras R. 2012. Moluscos como recurso marino en asentamientos precolombinos en el Edo. Sucre, Venezuela. IV Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui.: 357-366.
- Masucci, M. A. 1995. Archaeology marine shell bead production and the role of domestic craft activities in the economy of the Guangala phase, southwest Ecuador. Latin American Antiquity, 6 (1): 70-84.
- Mora, E., Moreno, J., Pérez, L., y G. Gilbert. 2011. La pesca del recurso concha *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en los principales puertos de desembarque de Ecuador. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. INP. Ecuador. 22(3): 1-16.
- Murillo J.C., Oviedo M., Loo A., Candell J. 2013. Estado del recursos de langosta verde (*Panuligurus gracilis*), y percepción de pescadores sobre las pesquerías de anconcito, provincia de Santa Elena. Revista Científica y Tecnológica UPSE, Vol.01, N.2: 47-62.
- Osborn, A. 1977. Strandloopers, mermaids and other fairy tales: Ecological Determinants of marine resource Utilization. The Peruvian Case. En: Binford, L. R. (Ed.), For theory building in archaeology: essays on faunal remains, aquatic resources, spatial analysis, and systemic modeling. Academic Press. New York. Pp. 157-205.
- Stother, K. 1993. Un sitio de Guangala Temprano en el suroeste del Ecuador. En: Un sitio de Guangala temprano en el suroeste del Ecuador, Stother, K.; Ubelaker, D. (Eds.). Banco Central del Ecuador, Guayaquil: 3-98.



Sistema de recirculación de agua para el levantamiento de larvas de *Piaractus brachypomus*, *Colossoma macropomum* y su híbrido

Poleo, G.A.¹, Guerrero, H.Y.², Barrero, M.³, Cardillo, E.², Espinoza-Luna, A.²

¹ Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Estación de piscicultura, Apartado Postal 400, Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela.

² Universidad Central de Venezuela, Facultad de Medicina, Escuela J.M. Vargas, Cátedra de Fisiología, Caracas 1041-A Venezuela.

³ Universidad Central de Venezuela, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Ciencias, Caracas 1041-A Venezuela.

E-mail: gpoleo@ucla.edu.ve

Resumen

De la gran cantidad de especies de peces que existen en los ríos de Suramérica, solo unas siete se cultivan comercialmente. Un pez de cultivo es el resultado de un largo estudio de aspectos biológicos y económicos. En este trabajo describimos resultados sobre la biología reproductiva, el crecimiento en cultivo y las características bromatológicas del bagre Sierra Negra, *Oxydoras sifontesi*. El desove en la naturaleza de este bagre es estacional, determinado por estímulos ambientales, y en cautiverio, no ocurre espontáneamente. Para conocer sobre la biología reproductiva de esta especie, se estudió la producción de la melatonina como señal hormonal importante en la sincronización entre los cambios estacionales de parámetros ambientales (la luz y la temperatura) y el ciclo sexual. También se estudió la distribución de los receptores de melatonina en tejidos que controlan la función reproductiva (cerebro, hipófisis). La inducción hormonal artificial se ensayó con un análogo de la GnRH (OvaRH) y con el extracto de hipófisis de carpa. Se realizaron ensayos productivos en diferentes sistemas de cultivo y los peces obtenidos se sometieron a distintos ensayos bromatológicos. Los estudios fisiológicos mostraron que la producción de melatonina es nocturna y presenta variaciones en las concentraciones máximas a lo largo del año, correlacionadas con el ciclo de maduración gonadal. Se observaron receptores de melatonina en todas las estructuras del eje neuroendocrino reproductivo, resultado que sugiere la interacción entre dos sistemas hormonales, el



reproductivo y el fotoperiódico/estacional. En cuanto a la inducción al desove, se obtuvieron mejores resultados con el extracto de hipófisis de carpa y los peces procedentes de estas reproducciones crecieron mejor cuando se colocaron en tanques con fondo de arcilla. La tasa de crecimiento fue de 0,98 g/día, alcanzando un peso promedio de 251g a los 256 días de cultivo. El estudio bromatológico y el análisis proximal se encontraron dentro del intervalo esperado para este tipo de pescado. En conclusión, los resultados del estudio integral del bagre Sierra Negra presentados en este trabajo indicaron que esta especie tiene potencial para el cultivo y es una fuente de nutrientes de origen animal de alta calidad para el consumo humano.

Palabras clave

Oxydoras sifontesi, melatonina, inducción hormonal.

Introducción

De la gran cantidad de especies de peces que existen en los ríos de Suramérica, solo unas siete se cultivan comercialmente. Un pez de cultivo es el resultado de un largo estudio de aspectos biológicos y económicos. En este trabajo describimos resultados sobre la biología reproductiva, el crecimiento en cultivo y las características bromatológicas del bagre Sierra Negra, *Oxydoras sifontesi* (Figura 1).

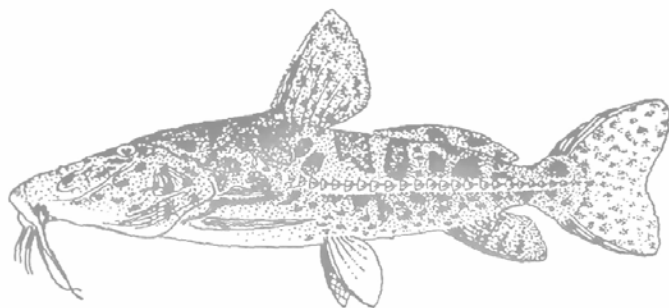


Figura 1. Bagre sierra negra, *Oxydoras sifontesi*, familia Doradidae, orden de Siluriforme.



Materiales y métodos

El desove en la naturaleza de este bagre es estacional, determinado por estímulos ambientales. Para conocer sobre la biología reproductiva de esta especie, se estudió la producción de la melatonina como señal hormonal importante en la sincronización entre los cambios estacionales de parámetros ambientales (la luz y la temperatura) y el ciclo sexual. También se estudió la distribución de los receptores de melatonina en tejidos que controlan la función reproductiva (cerebro, hipófisis).

Resultados

Los estudios fisiológicos mostraron que la producción de melatonina es nocturna y presenta variaciones en las concentraciones máximas a lo largo del año, correlacionadas con el ciclo de maduración gonadal. Se observaron receptores de melatonina en todas las estructuras del eje neuroendocrino reproductivo, resultado que sugiere la interacción entre dos sistemas hormonales, el reproductivo y el fotoperiódico/estacional (Figura 2) (Guerrero *et al.*, 2009).

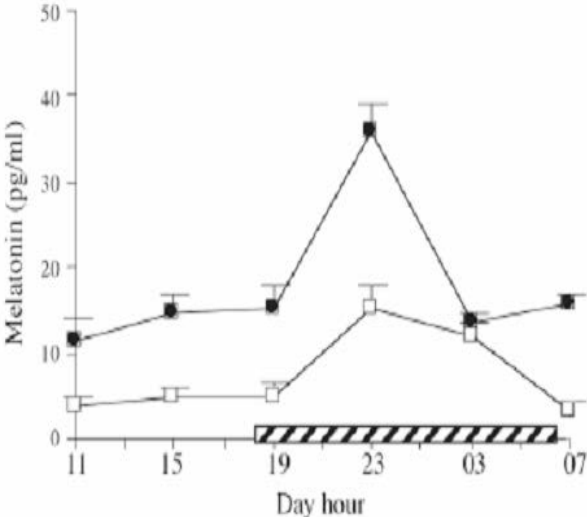


Figura 2. Perfil de la concentración de melatonina plasmática en el bagre, *Oxydoras sifonatesi*. Cuadros blancos: peces mantenidos en fotoperiodo natural (grupos LD). Cuadros negros: peces mantenidos en oscuridad total por 72 horas (grupos DD). El recuadro con rayas señala el periodo real y subjetivo de oscuridad. Los resultados están expresados como la media \pm D.E. de 4 peces.



La inducción hormonal artificial se ensayó con un análogo de la GnRH (OvaRH®) y con el extracto de hipófisis de carpa (Tabla 1)(Bates y Tiersch, 1998) . Se obtuvieron mejores resultados con el extracto de hipófisis de carpa y los peces procedentes de estas reproducciones crecieron mejor cuando se colocaron en tanques con fondo de arcilla. La tasa de crecimiento fue de 0,98 g/día, alcanzando un peso promedio de 251g a los 256 días de cultivo (Tabla 2).

Tabla 1. Protocolo de inducción utilizando hipófisis de carpa en el bagre sierra, *Oxydoras sifontesi*.

| Dosis I | Dosis II (24 horas) | Dosis III (8 horas) | Fecundación (%) |
|----------|---------------------|---------------------|-----------------|
| 0,3mg/kg | 0,6 mg/kg | 5,4 mg/kg | 93 y 96 |

Tabla 2. Parámetros de producción del bagre sierra, *Oxydoras sifontesi* cultivado en lagunas con fondo de arcilla.

| Peso Inicial (g) | Peso Final (g) | Tiempo (días) | Densidad de siembra (Peces/m ²) | Ganancia de peso diario (g/día) | Sobrevivencia (%) |
|------------------|----------------|---------------|---|---------------------------------|-------------------|
| 3,5 | 260,81 | 256 | 2,8 | 0,94 | 93,75 |

El estudio bromatológico (Tabla 3) y el análisis proximal se encontraron dentro del intervalo esperado para este tipo de pescado (Tabla 4) (Hepbum *et al.*, 1988).

Tabla 3. Análisis proximal (%±DE) en muestras frescas de bagre sierra, (*Oxydoras sifontesi*) provenientes del río Portuguesa.

| Análisis Proximal | Filetes frescos (%) |
|-------------------|---------------------|
| Humedad | 83,18 ± 1,15 |
| Cenizas | 1,26 ± 0,16 |
| Grasas | 1,75 ± 0,16 |
| Proteínas | 13,81 ± 0,45 |
| Rendimiento | 36,10 |



Tabla 4. Porcentajes de ácidos grasos presentes en la muestra de bagre sierra, (*Oxydoras sifontesi*) en diferentes condiciones: frescos, almacenados durante 90 días a -20⁰C y empacados al vacío y a presión atmosférica.

| Ácidos grasos | frescos | Empacados al vacío (90 días) | Empacados a presión atmosférica (90 días) |
|-------------------------------|---------|------------------------------|---|
| 14:0 | 0,522 | 2,524 | 3,042 |
| 15:0 | 0,402 | 0,526 | 0,526 |
| 16:0 | 26,423 | 28,835 | 26,818 |
| 17:0 | 1,361 | 1,208 | 1,655 |
| 18:0 | 11,005 | 9,992 | 12,261 |
| 24:0 | 0,367 | 0,271 | 0,260 |
| Total saturados | 40,080 | 43,356 | 44,562 |
| 17:1 | 0,794 | 0,541 | 0,571 |
| 16:1 n-7 | 1,80 | 1,748 | 1,738 |
| 18:1 n-9 trans | 0,566 | 1,455 | 1,324 |
| 20:1 n-6 | 0,419 | 0,557 | 0,757 |
| Total Mono-insaturados | - | - | 2,16 |
| 18:2 n-6 | 3,872 | 4,345 | 4,449 |
| 20:2 n-6 | 0,543 | 0,468 | 0,547 |
| 18:3 n-6 | 0,381 | 0,476 | 0,575 |
| 18:3 n-3 | 0,329 | 0,350 | 0,538 |
| 20:3 n-6 | 3,333 | 1,816 | 1,708 |
| 20:4 n-6 | 22,622 | 19,958 | 15,922 |
| 20:5 n-3 | 3,227 | 2,856 | 2,483 |
| 22:6 n-3 | 8,103 | 4,751 | 3,543 |
| Total Poli-insaturados | 41,157 | 33,726 | 28,105 |

Conclusiones

Los resultados del estudio integral del bagre Sierra Negra presentados en este trabajo señalan que esta especie es un buen modelo para investigar la fisiología reproductiva de peces tropicales y las características, tanto de manejo como bromatológicas, indican que es un pez con potencial para ser cultivado.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela.



Referencias

- Bates M. C. y Tiersch T.R. 1998. Preliminary studies of artificial spawning of channel catfish as male-female pairs or all-female groups in recirculating systems. *Journal of the World Aquaculture Society* 29: 325-334.
- Guerrero H.Y., Cardillo E., Poleo G. y Marcano D. 2009. Reproductive Biology of Fresh Water Fishes from the Venezuelan Floodplains. *Fish Physiology and Biochemistry* 35:189-196.
- Hepburn F., Yoshimatsu F. y Matsumoto J. 1988. An integrated quantitative correlation of textural profiles of fish. *Journal of Food Science* 53: 679-683.



Cultivo suspendido de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* en dos épocas en la Laguna de Chacopata, edo. Sucre, Venezuela

Márquez A.¹, Revilla J.¹, Lodeiros-Chacón C.¹, Freitas L.^{1,2}, Lodeiros C.^{1,2,3}

¹Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Universidad de Oriente, Cumaná, edo. Sucre.

²Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente.

³Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

E-mail: ajmm16@hotmail.com

Resumen

La ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* es una especie importante socioeconómicamente en lagunas costeras del Caribe, la cual posee una presión de explotación elevada causando una disminución alarmante de sus bancos naturales. El presente trabajo pretende establecer la factibilidad del cultivo en lagunas teniendo en cuenta la influencia de los factores ambientales. Con este objetivo, la longitud y masa de la concha de 3 tallas distintas (pequeñas, medianas y grandes) se compararon en dos periodos contrastantes (surgencia costera y estratificación), llevándose registros de temperatura, salinidad, oxígeno, seston (orgánico e inorgánico) y la biomasa fitoplanctónica. Durante el periodo dominado por estratificación, las tallas alcanzadas en el eje antero-posterior para las ostras pequeñas, medianas y grandes fueron de $57,0 \pm 0,33$, $60,1 \pm 1,42$ y $73,8 \pm 0,56$ mm (41,0, 23,7 y 9,6% de incremento, respectivamente). Durante el periodo de surgencia las ostras pequeñas, medianas y grandes alcanzaron tallas de $66,5 \pm 0,64$, $74,3 \pm 1,42$ y $94,9 \pm 3,12$ mm (42,0%, 40,5% y 31,1% de incremento, respectivamente). A pesar las variaciones observadas en las tendencias de las curvas de las diferentes variables ambientales dentro de cada periodo, las diferencias en crecimiento no fueron significativas entre las diferentes tallas, ni entre los 2 periodos. Este resultado se explica por la alta



disponibilidad de biomasa fitoplanctónica en el sistema de manglar, mostrando que la disponibilidad de alimento no fue un factor limitante, sobre todo en lo que a materia orgánica se refiere. Esto sumado al hecho, que los intervalos de varianza de las variables ambientales se mantuvieron dentro de la tolerancia de la especie, no permitieron una clara identificación de factores que afectan la variabilidad observada en el crecimiento, en condiciones de cultivo suspendido, rechazando la hipótesis que se sostenía que los cambios influenciados en las variables ambientales de los periodos de surgencia y estratificación, afectarían de significativamente el crecimiento de la ostra.

Palabras clave

Cultivo suspendido, bivalvo, factores ambientales, laguna costera.

Introducción

La demanda mundial de productos pesqueros ha aumentado de forma significativa por el alarmante crecimiento de la población mundial, lo cual se agrava con el aumento del consumo per cápita de productos marinos a nivel mundial, pasando de 11 kg/persona/año en 1970 a un máximo histórico de 19.2 kg/persona/año en el 2012, lo que pone de manifiesto un reto que debe cubrir la acuicultura y la pesca extractiva como actividades complementarias, ante la demanda en los productos marinos, y la importancia a la hora de proporcionar ingresos a los pescadores de subsistencia en pequeña escala (FAO 2014).

En la actualidad se presta especial atención a especies en peligro o amenazadas como rubros de producción, ya que se ha diagnosticado que actualmente muchos bancos naturales están diezmados. Un caso notorio es la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*, la cual es la especie que se le debe tener más atención según reportes FAO, en la región del Caribe (Lovatelli *et al.*, 2008).

Aunque las primeras experiencias en el cultivo de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* fueron realizadas en el nororiente venezolano desde la década de los 70, estos no fueron mantenidos en el tiempo por diversos razones, por lo que actualmente se sigue explotando de manera indiscriminada los escasos bancos naturales, establecidos en áreas dominadas por el mangle negro *Rhizophora mangle*. No obstante, trabajos como los de Buitrago *et al.* 2000, Buitrago y Alvarado 2005, Lodeiros *et al.* 2006, Buitrago *et al.* 2009 y Núñez *et al.* 2010 han profundizado en la influencia de los factores ambientales sobre el crecimiento y supervivencia de la especie, concluyendo una factibilidad adecuada para el cultivo en lagunas costeras, como la laguna de la Restinga y Chacopata.

Dada las demandas de mejoras socioeconómicas exigidas por las comunidades se ha pensado en el desarrollo del cultivo en la laguna de Chacopata, utilizando un



sistema sencillo de fácil adaptación para el uso de los productores comunitarios. El presente trabajo pretende sentar las bases para establecer dichos cultivos.

Materiales y métodos

Los organismos de *Crassostrea rhizophorae* fueron obtenidos de diferentes tallas antero-posterior: pequeñas ($21,9 \pm 3,62$ mm), medianas ($30,2 \pm 3,43$ mm) y grandes ($35,5 \pm 4,7$ mm), de forma manual de las ramas de mangle en la laguna “Parque Nacional La Restinga”, ubicada en el estado Nueva Esparta. Los organismos se transportaron en contenedores abiertos, hasta llegar a la laguna de Chacopata, estado Sucre (N $10^{\circ}39'47''$ W $63^{\circ}49'11''$), donde se establecieron los cultivos experimentales (Fig. 1).

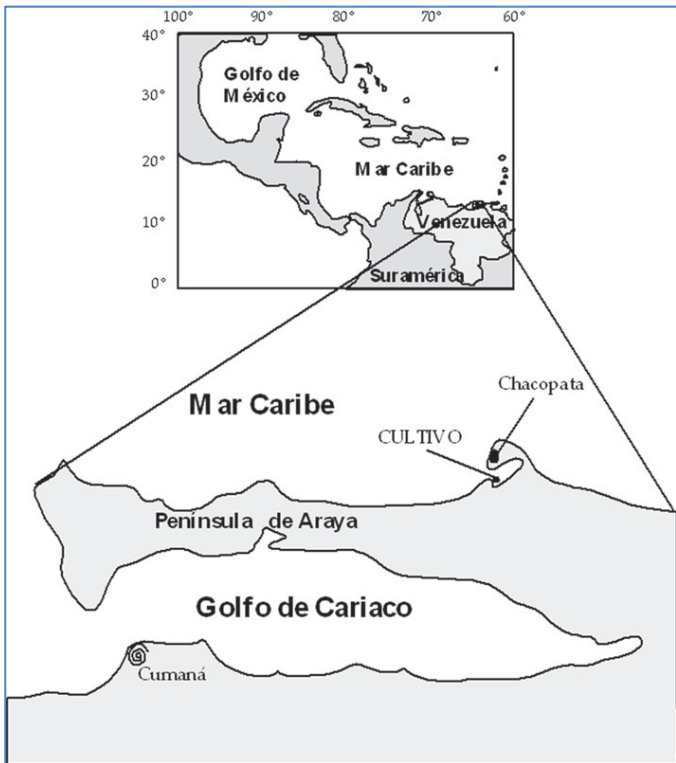


Figura 1. Mapa de la laguna de Chacopata, estado Sucre, Venezuela.

Se sembraron 3 réplicas de cada talla en las cestas plásticas recubiertas con mallas de nylon suspendidas de un *long line* o línea madre superficial; teniendo



en cuenta el área utilizable del 50% de la superficie de base de la cesta de cultivo. Este procedimiento se realizó en 2 momentos consecutivos y correspondientes a época de surgencia costera (enero-junio) y de remisión de la surgencia (julio-diciembre).

Una muestra representativa de individuos (30 individuos por talla) fue sustraída y llevada al laboratorio para realizar los análisis merísticos correspondientes y mensualmente se evaluó el crecimiento de los organismos, para esto se sustrajeron 10 individuos por cada réplica, de cada una de las 3 tallas en estudio. El crecimiento se determinó midiendo las dimensiones de la concha con un vernier digital Mytutoyo (0,01 mm de apreciación), según la distancia máxima del eje antero-posterior, del eje dorso-ventral y la distancia máxima entre las valvas. La biomasa seca se determinó disecando cada organismo para obtener la de los tejidos y la concha, los cuales posteriormente se sometieron a un tratamiento de deshidratación en una estufa (60-70 °C/72 h) y luego pesados en una balanza digital (OHAUS modelo Adventure de 0,001 g de apreciación).

Con la finalidad de observar la variabilidad de los factores ambientales, éstos fueron determinados en el sitio de cultivo. La temperatura se determinó continuamente a intervalos de 30', utilizando un termógrafo electrónico (Minilog Vemco, Canadá) instalado en la zona de cultivo. Semanalmente, se tomaron muestras de agua utilizando una botella Niskin (2 L de capacidad), de la cual se tomó cuidadosamente submuestras para ser fijadas con reactivos específicos para la determinación del oxígeno disuelto según el método clásico de Winkler, otras submuestras fueron tomadas para determinar la salinidad utilizando un refractómetro Atago S/Mill: 0-100‰. El resto del agua de la botella de Niskin se transfirió a contenedores plásticos opacos para ser transportados al laboratorio; donde el agua fue filtrada a través de un tamiz de 153 µm, en función de eliminar macroplankton; posteriormente, 1 litro se filtró al vacío con un equipo millipore, a través de filtros Whatman GFF (0,7 µm de diámetro de poro) para concentrar el material suspendido; dicho material se lavó con agua destilada y los filtros se deshidrataron a 60° C/48 h para determinar el seston total mediante métodos gravimétricos, tras la incineración de los filtros a 450 °C/2 h en una mufla (marca Thermolyne), se determinó su fracción inorgánica por diferencia de pesos entre el total y la fracción orgánica. La biomasa fitoplanctónica se estimó mediante la concentración de clorofila *a* utilizando el método espectrofotométrico según Strickland y Parsons (1972).

Previo utilización de los estadísticos paramétricos, estableciendo el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal. Se comparó al final del experimento en las diferentes tallas las longitudes y masas de la concha y masa de los tejidos de cada uno de los periodos de cultivo, teniendo en cuenta como factor el periodo de crecimiento (surgencia o estratificación) para aplicar un análisis de varianza simple (ANOVA I) los valores; en las variables que mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) se les realizó un análisis *a posteriori* de Scheffé ($P = 0,05$). Para comparar el incremento tanto en longitud como en masa de la concha y la masa de los tejidos



para las 3 tallas estudiadas (pequeñas, medianas y grandes), se aplicó un análisis de varianza simple (ANOVA I), teniendo en cuenta como factor los valores de las tallas. A las variables que mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) se les realizó un análisis *a posteriori* de Scheffé ($P = 0,05$). Todos estos análisis se realizaron con el paquete estadístico *StatGraphic* versión *Centurion*. Para estimar la condición de los organismos a las diferentes tallas se realizaron regresiones de la longitud de la concha vs la masa los tejidos, utilizando todos los organismos. Las pendientes de cada una de las regresiones se contrastaron para cada uno de los tratamientos, a través de las comparaciones de las pendientes “b” utilizando las herramientas avanzadas de la hoja de cálculo de *Microsoft Excel* 2010. Todas estas pruebas se realizarán siguiendo las recomendaciones descritas por Zar (1984).

Para la evaluación del efecto de los factores ambientales en el crecimiento, se determinó la tasa diaria específica de crecimiento (división del incremento entre muestreos contiguos y dividido por el número de días de dicho periodo) de las dimensiones de concha, su peso y el de los tejidos de las ostras, contrastando como variables dependientes y los factores ambientales (variables independientes). Para ello se utilizó un análisis de regresión múltiple “stepwise” o paso a paso, usando el programa *Statistica* (*StatSof*, 1999), (*Hair et al.*, 1992).

Resultados

Factores ambientales

Factores físico-químicos

La temperatura mostró incrementos y disminuciones marcadas durante los 2 períodos del experimento (Fig. 2a). El primer periodo (julio-noviembre 2011, dominado por la remisión de la surgencia), mostró una media de 27,5°C, con máximas de 29,1°C para finales de octubre de 2011 y mínimas de 26,1 °C para finales de septiembre 2011. El segundo periodo (febrero-julio 2012, dominado por la surgencia), presentó una media de 26,9 °C con un incremento marcado desde el inicio del periodo, mostrando una temperatura mínima de 25,1°C para mediados del mes de abril y máxima de 29,9 al final del experimento.

La salinidad presentó valores que se mantuvieron entre 36-38 ‰ en el primer periodo y 36-40 ‰ para el segundo (Fig. 2b), este último periodo mostró un aumento de la salinidad alcanzando valores de 40 ‰ al final del experimento.

La concentración de oxígeno durante el primer periodo mostró una elevada variabilidad con mínimas de 1,9 mg/ml para el mes de octubre y máximas de 6 mg/ml a finales de septiembre 2011 y un promedio de 3,8 mg/ml. El segundo periodo mostró valores inferiores a los del primer periodo con una media de 2,7 mg/ml, mínimas de 1,3 mg/ml para mediados del mes de abril y máximas de 3,7 mg/ml en el mes de marzo 2012 (Fig. 2c).



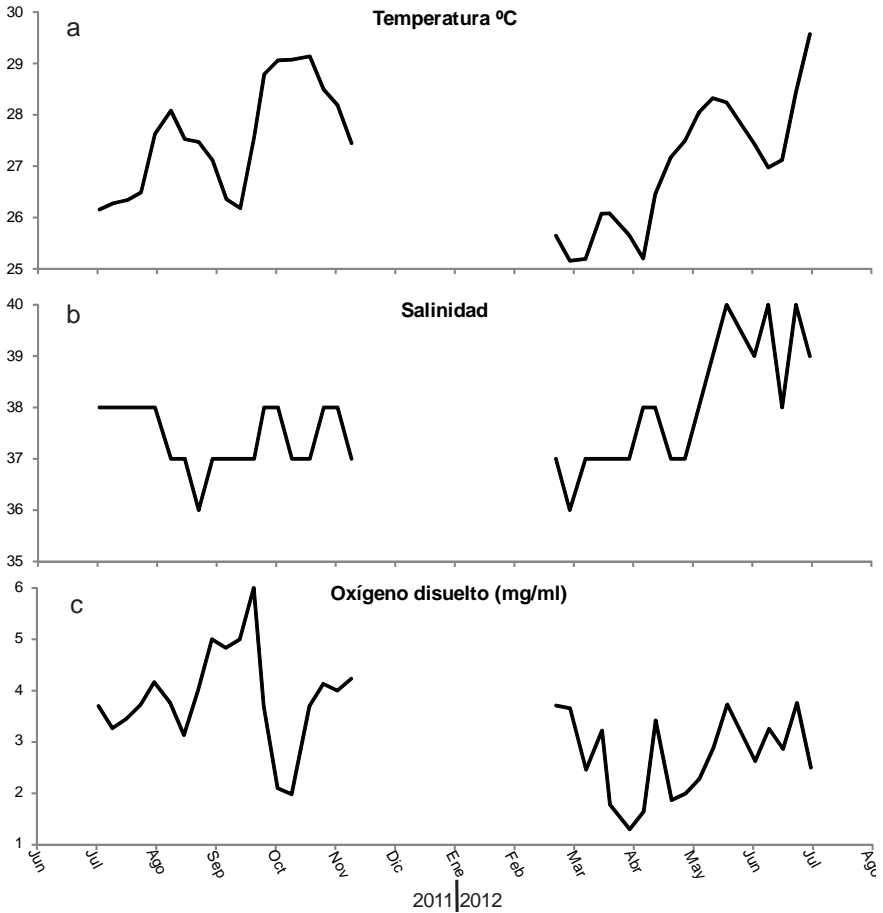


Figura 2. Variación mensual de los factores ambientales físico-químicos: temperatura (a), Salinidad (b) y oxígeno disuelto (c) en el agua de mar, durante los 2 periodos estudiados en la boca de la laguna de Chacopata, Península de Araya, edo. Sucre.

Factores biológicos

El seston total y sus fracciones orgánica e inorgánica (Fig. 3a) y la biomasa fitoplanctónica (Fig. 3b), estimada por clorofila *a* muestran de forma general para ambos periodos de estudio, elevada variabilidad. En el primer periodo los valores de seston total fueron alternados mes a mes con picos elevados y valores intermedios, mostrando un promedio de 16,3 mg/L con valores máximos de 30mg/L a principios de julio 2011 y mínimos de 6,1 mg/L a mediados del mismo mes. El seston orgánico e inorgánico muestran un patrón similar para este periodo con valores que oscilan entre 1,7-8,8 mg/L y 1,9-7.5 mg/L, respectivamente. Para el segundo periodo se repite el patrón de alternancia, pero con valores menores que el primero, mostrando un promedio para el seston total



de 12,5 mg/L, con valores máximos de 23 mg/L para marzo y mínimos de 7,6 mg/L para mediados de abril 2012. El seston inorgánico tiene una tendencia asociada a la del seston total con mínimas de 1,8 mg/L y máximas de 18,1 mg/L; no obstante, el seston orgánico presentó una variación diferente con valores mínimos de 1,9 mg/L a mediados del mes de marzo, aumentando hasta mayo, para luego mostrar un leve descenso hasta finales de junio, donde luego nuevamente aumenta hasta sus valores máximos 18,1 mg/L para mediados del mes de junio 2012.

La clorofila *a* en ambos periodos mostró un patrón de marcada alternancia entre valores altos de 5,5-7 mg/L con valores bajos (0,5-0,9 mg/L), formando picos más marcados en el primer periodo de estudio con una concentración media de clorofila *a* de 3,1 mg/L y mostrando valores máximos 6-7 mg/L en agosto, septiembre y noviembre 2011, siendo el valor mínimo registrado en el mes de octubre 0.89 mg/L. El segundo periodo presentó un promedio de 2,3 mg/L y una alternancia de valores medios con valores bajos, donde se observó, a diferencia del primero, solo un pico máximo en el mes de mayo 5,52 mg/L con una mínima de 0,53 mg/L para finales de junio 2012. El patrón general del seston y clorofila *a* fue inverso al de la temperatura (Fig. 3a).

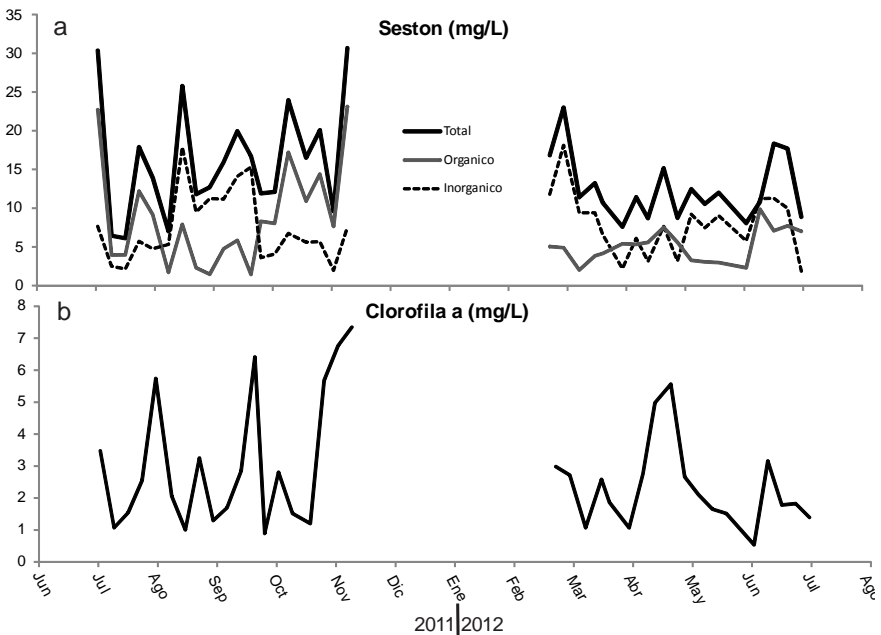


Figura 3. Variación mensual de los factores ambientales biológicos: Seston (a) y clorofila *a* (b) en el agua de mar, durante los 2 periodos estudiados en la boca de la laguna de Chacopata, Península de Araya, edo. Sucre.



Crecimiento

Longitud de la Concha

La figura 4 muestra los valores absolutos de la longitud de la concha de las ostras de mangle *Crassostrea rhizophorae* en sus diferentes tallas (pequeñas, medianas y grandes), de sus medidas entre valvas (a), eje antero-posterior (b) y eje dorso-ventral (c) durante los 2 periodos de crecimiento.

Existen diferencias significativas ($P>0.05$) entre todas las tallas para sus diferentes medidas al inicio del experimento en los 2 periodos estudiados.

Durante el primer periodo las ostras pequeñas mostraron un crecimiento en longitud entre valvas acelerado, desde el inicio del periodo hasta mediados de agosto, mes en el cual se ralentiza el crecimiento hasta el final de dicho periodo, obteniendo un promedio para el final del periodo de $14,7\pm 0,31$ mm con un incremento total de 47,2%. Las ostras medianas presentaron un crecimiento acelerado hasta mediados del mes de septiembre, para luego detener su crecimiento hasta el final del periodo 2011, con tallas de $16,4\pm 0,53$ mm con un incremento total de 32,5%. Finalmente, las ostras grandes crecieron aceleradamente durante el primer mes, seguido de un estancamiento hasta mediados de septiembre cuando reinician el crecimiento hasta el final del periodo, alcanzando así tallas de $18,5\pm 0,63$ mm con un incremento total de 23,9%.

El eje antero-posterior de las ostras pequeñas mostró un crecimiento lento durante el primer mes, luego se acelera hasta principios de agosto, donde se prácticamente se detiene hasta mediados de septiembre, cuando se reinicia hasta el final del primer periodo, mostrando longitudes de $57\pm 0,33$ mm con un incremento total de 41,0%. Las ostras medianas mostraron un crecimiento acelerado desde el principio del primer periodo hasta mediados del mes de septiembre, momento en el cual se estanca el crecimiento hasta el final del periodo, obteniendo tallas de $60,1\pm 1,42$ mm con un incremento total de 23,7%. Finalmente para las ostras grandes se registró un aumento constante desde el inicio hasta el final del periodo 2011, alcanzando tallas de $73,8\pm 0,56$ mm con un incremento total de 19,6%.

El eje dorso ventral presentó un comportamiento para las ostras pequeñas de crecimiento constante desde el inicio del primer periodo hasta mediados del mes de agosto, donde se estanca el crecimiento y luego reinicia muy levemente hasta principios de noviembre de 2011, alcanzando longitudes de $37,5\pm 0,35$ mm con un incremento total de 39,7%. Las ostras medianas mostraron un crecimiento poco pronunciado hasta mediados de agosto, mes a partir del cual se acelera el crecimiento hasta mediados de septiembre donde se estanca hasta el final del periodo, alcanzando tallas de $39,5\pm 0,77$ mm con un incremento total de 15,2%. Las ostras grandes tuvieron un pronunciado crecimiento durante el primer mes, seguido de un estancamiento hasta mediados de septiembre cuando reinicia el crecimiento hasta el final del periodo 2011, obteniendo tallas de $44,1\pm 0,01$ mm con un incremento total de 19,5%. Los incrementos de las longitudes de la



concha en sus distintas medidas (entre valvas, eje antero-posterior y eje dorso-ventral), no presentaron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0,05$) entre los diferentes grupos de ostras (pequeñas, medianas y grandes) durante el primer periodo de crecimiento.

En el segundo periodo de estudio la longitud entre valvas para las ostras pequeñas muestra un crecimiento acelerado, que va en aumento desde el primer mes hasta finales del mes de abril cuando disminuye la tasa de crecimiento hasta el final del experimento con promedios de $16,7 \pm 0,44$ mm y un incremento total de 45,4%. Las ostras medianas muestran un crecimiento poco pronunciado durante el primer mes y luego más pronunciado pero constante hasta el final del experimento, obteniendo tallas de $18,1 \pm 0,53$ mm con un incremento total de 27,4%. El crecimiento de las ostras grandes se describe con un crecimiento leve pero continuo durante los 3 primeros meses, elevando la velocidad de crecimiento a finales del mes de mayo, para luego estancar el crecimiento durante el último mes hasta el final del periodo 2012, alcanzando tallas de $21,9 \pm 0,92$ mm con un incremento total de 31,1%.

Las ostras pequeñas y medianas mostraron un crecimiento acelerado en longitud antero-posterior durante los 3 primeros meses, y menos pronunciado a partir de finales del mes de abril hasta el final del experimento, obteniendo tallas de $43,7 \pm 12$ mm con un incremento total de 46,2%, y $46,6 \pm 0,43$ mm con un incremento total de 30,3% respectivamente. Las ostras grandes tuvieron un crecimiento acelerado durante el primer mes y luego más lento pero continuo desde finales del mes de marzo hasta el final del periodo 2012 alcanzando longitudes de $49,4 \pm 1,81$ mm con un incremento total de 28,4%.

La curva del eje dorso ventral de las ostras pequeñas mostró un crecimiento muy acelerado durante el primer mes, para luego ralentizarse hasta el final del experimento, presentando una longitud promedio de $66,5 \pm 0,64$ mm con un incremento total de 42%, las ostras medianas al igual que las pequeñas, mostraron un crecimiento muy acelerado durante el primer mes, momento a partir del cual comienza a disminuir la tasa de crecimiento, deteniéndose a finales del mes de mayo hasta el final del periodo, obteniendo longitudes de $74,3 \pm 1,42$ mm con un incremento total de 40,5%. Las ostras grandes presentaron poco crecimiento el primer mes y luego mostraron un aumento acelerado del crecimiento hasta el final del experimento, con longitudes de $94,9 \pm 3,12$ mm con un incremento total de 31,1%. Los incrementos de las longitudes de la concha en sus distintas medidas (entre valvas, eje antero-posterior y eje dorso-ventral), no presentaron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0,05$) entre los diferentes grupos de ostras (pequeñas, medianas y grandes) durante el segundo periodo de crecimiento.

Aunque al cotejar visualmente los 2 periodos de cultivo suspendido, el crecimiento en longitud para sus diferentes medidas (entre valvas, eje antero-posterior y eje dorso-ventral) de las ostras cultivadas para el periodo 2 (principios de febrero hasta principio de julio 2012) fue mayor que las cultivadas en el periodo 1 (principios de julio hasta finales de noviembre 2011), solo se



encontraron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0,05$) en la longitud entre valvas y eje antero-posterior para las ostras grandes y para las pequeñas de la longitud dorso-ventral.

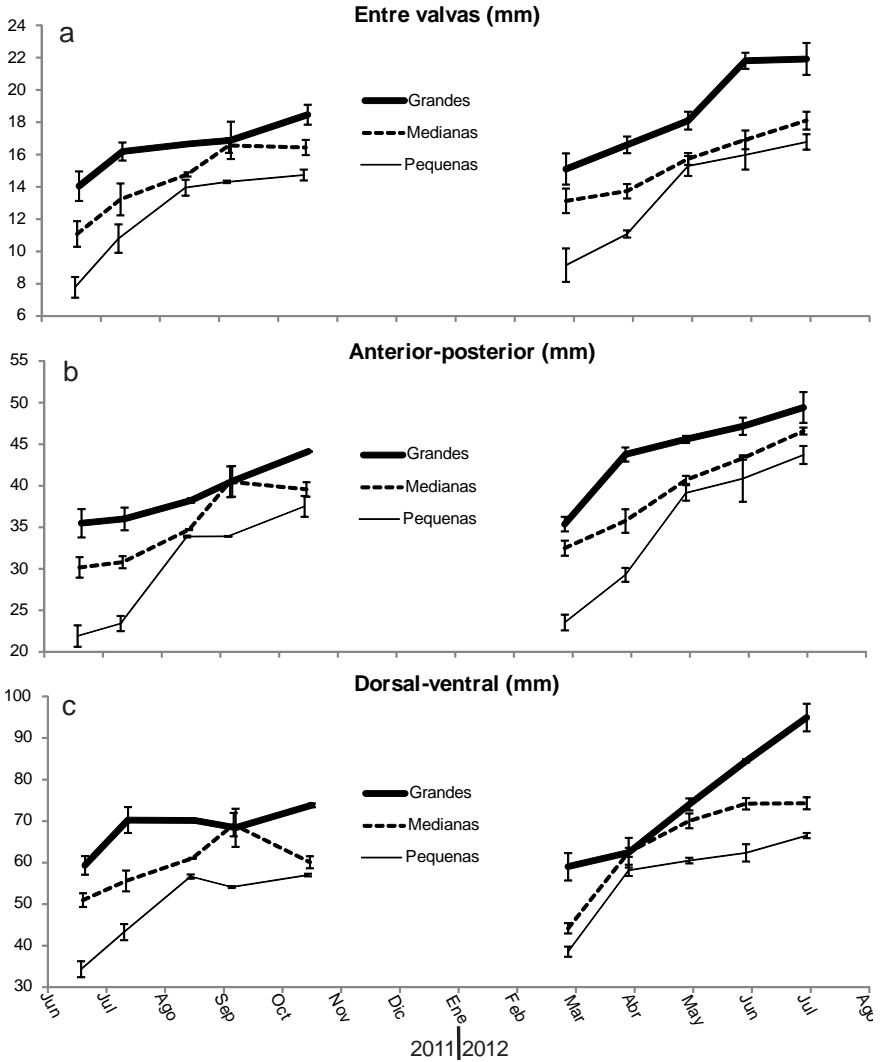


Figura 4. Variación mensual en las longitudes entre valvas (a), eje antero posterior (b) y eje en dorso ventral de ostras pequeñas, medianas y grandes, de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*, cultivados durante los 2 periodos estudiados en la boca de la laguna de Chacopata, Península de Araya, edo. Sucre.



Masa seca de los tejidos y la concha

Para la masa de los tejidos en el primer periodo, no existen diferencias significativas (ANOVA, $P > 0,05$) entre las diferentes tallas de ostras, sin embargo en el segundo periodo se obtuvo que, las ostras pequeñas mostraron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0,05$) con respecto a las medianas y grandes, mientras que, las medianas y grandes no mostraron diferencias significativas entre ellas. La masa de la concha para el primer periodo mostro diferencias significativas solo entre las ostras pequeñas con respecto a las medianas y grandes, las cuales no presentaron diferencias entre ellas para el primer periodo, sin embargo; para el segundo periodo las tallas iniciales de los diferentes grupos de ostras mostraron diferencias significativas para todas las tallas.

Durante el primer periodo los tejidos de la masa seca en las ostras pequeñas presentaron un aumento pronunciado durante el primer mes (Fig. 5a), para luego ralentizarse hasta el final del primer periodo, obteniendo valores de $0,46 \pm 0,003$ g con un incremento total de 23,7%, la tallas medianas presentan un crecimiento alternado, lento durante el primer mes, mas marcado desde mediados de julio hasta finales de agosto, mes a partir del cual se detiene el crecimiento y luego se reinicia en el último mes y hasta el final del periodo 2011, obteniendo masas que alcanzaron $0,49 \pm 0,008$ g con un incremento total de 27,5%. Para la masa de los tejidos en las ostras grandes se observa un crecimiento moderado pero constante durante los 3 primeros meses, luego a finales de agosto se acelera el crecimiento hasta mediados de septiembre y finalmente ralentiza su crecimiento a moderado, con masas que llegaron hasta $0,54 \pm 0,01$ g con un incremento total de 30,9%.

La masa de la concha para este primer periodo muestra, para las ostras pequeñas (Fig. 5b), un crecimiento acelerado durante el primer mes, para luego estancarse hasta el final del periodo, obteniendo masas de $10,3 \pm 0,81$ g con un incremento total de 24,7%, las ostras medianas no muestran crecimiento durante el primer mes, aunque a partir del segundo mes se observa un crecimiento leve hasta finales del mes de agosto, momento en el cual detienen su crecimiento para el final del periodo alcanzando tallas de $11 \pm 0,2$ g con un incremento total de 16,2%. Finalmente las ostras grandes mostraron un crecimiento leve pero continuo durante los 3 primeros meses, para luego a partir del final del mes de agosto se incrementa la tasa de crecimiento para mediados del mes de septiembre cuando se detiene el crecimiento nuevamente y se mantiene así hasta el final del periodo 2011, obteniendo masas de $13,7 \pm 0,32$ g con un incremento total de 30,5%. Los incrementos de las masas secas en sus 2 componentes (tejidos blandos y concha), no presentaron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0,05$) entre los diferentes grupos de ostras (pequeñas, medianas y grandes) durante el primer periodo de crecimiento.

En el segundo periodo los tejidos de *Crassostrea rhizophorae* mostraron para las ostras pequeñas un crecimiento muy pronunciado durante los 3 primeros meses (Fig. 5a), seguido de un descenso de la masa para el mes de junio, cuando nuevamente comienza a aumentar hasta el final del experimento obteniendo valores de $0,52 \pm 0,01$ g con un incremento total de 58,7%, las ostras medianas



mostraron un crecimiento pronunciado durante los 3 primeros meses, seguidos de un profundo descenso a partir de finales del mes de abril hasta concluir el mes de junio, cuando reinicia nuevamente el crecimiento hasta el final del periodo 2012, obteniendo masas de $0,47\pm 0,02$ g con un incremento total de 24,7%. Las ostras grandes muestran un crecimiento acelerado de la masa durante los 2 primeros meses, seguido de un descenso pronunciado desde finales de marzo hasta el mes de junio, mes a partir del cual el crecimiento reinicia su aumento hasta el final del periodo 2012, con masas de $0,45\pm 0,06$ g con un incremento total de 10,9%.

El crecimiento en masa de la concha mostró para las ostras pequeñas un estancamiento durante los 3 primeros meses de este periodo (Fig. 5b), para luego a partir de finales de mayo ir acelerando su crecimiento en masa hasta el final del experimento, donde alcanzaron valores de $11,9\pm 0,17$ g con un incremento total de 26,5%, las ostras medianas también presentaron un estancamiento pero solo durante el primer mes, mes a partir del cual comienza a incrementarse la velocidad de crecimiento hasta el final del periodo 2012, alcanzando masas de $15,2\pm 0,3$ g con un incremento total de 34,8%. Por su parte, en las ostras grandes el crecimiento fue acelerado durante el primer mes, para luego estancarse hasta finales del mes de mayo, cuando reinicia su crecimiento hasta el final del experimento obteniendo masas de $18,9\pm 1$ g con un incremento total de 47,4%. Los incrementos de las masas secas en sus 2 componentes (tejidos blandos y concha), no presentaron diferencias significativas (ANOVA, $P < 0,05$) entre los diferentes grupos de ostras (pequeñas, medianas y grandes), durante el segundo periodo de crecimiento.



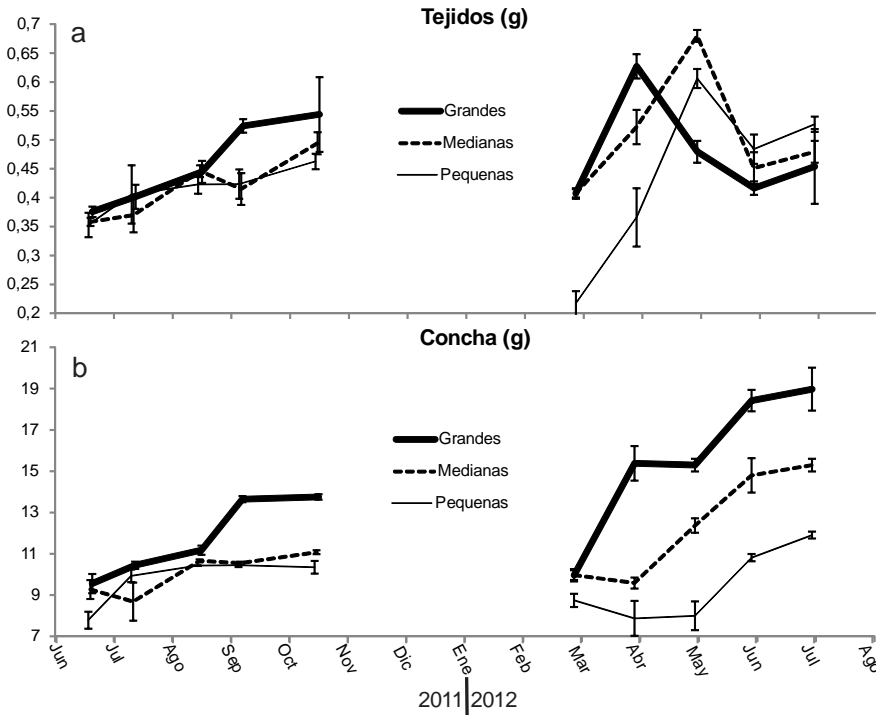


Figura 5. Variación mensual en masa seca de los tejidos (a) y la concha (b) de los diferentes grupos de tallas (pequeña, mediana y grande) de la ostra de manglar *Crassostrea rhizophorae* cultivados durante los 2 periodos diferentes, en la boca de la laguna de Chacopata, Península de Araya, edo. Sucre.

Después de observar el crecimiento en los 2 periodos de cultivo suspendido, el comportamiento de la masa para sus diferentes medidas (tejidos y concha) de los organismos cultivados para el periodo 2 (principios de febrero hasta principio de julio 2012) fue mayor que el de los organismos cultivados en el periodo 1 (principios de julio hasta finales de noviembre 2011), solo encontrándose diferencias significativas (ANOVA, $P > 0.05$) en las masas secas de la concha en sus medidas pequeñas y medianas.

Relación de la longitud de la concha con la masa seca de los tejidos

Al contrastar los incrementos de la masa de los tejidos de los tres grupos de tallas estudiadas con la dimensión de la concha (longitud antero-posterior -relación mayormente ajustada. Fig. 6), se pudo observar que aunque la pendiente de dicha relación fue mayor para el periodo 2 (0,17) que el periodo 1 (0,02), no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$), mostrando, que los organismos, en un contexto global, tuvieron la misma condición fisiológica.



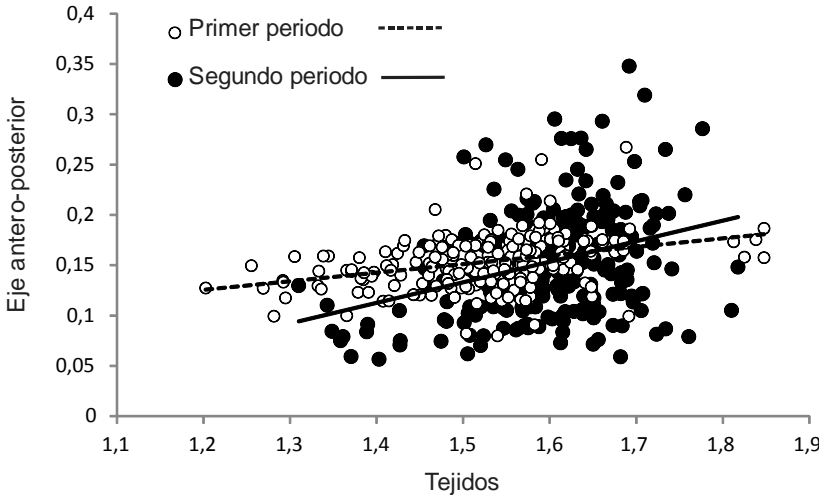


Figura 6. Crecimiento total por periodo de la longitud antero-posterior y los tejidos de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*, sembradas en tallas pequeñas, medianas y grandes en la boca de la laguna de Chacopata, Península de Araya, edo. Sucre.

Relación de los factores ambientales con el crecimiento

Gráficamente no se observa una correlatividad notable y continua entre los parámetros de crecimiento (Fig.4 y 5) y los factores ambientales (Fig. 2 y 3). Además, el análisis de regresión múltiple (*stepwise*) no estableció ninguna relación significativa ($P>0,05$) entre el crecimiento en talla y biomasa de los diferentes grupos de tallas y los factores ambientales registrados.

Discusión

Para establecer la factibilidad biológica del cultivo de moluscos bivalvos es importante determinar las tallas más adecuadas de siembra y las mejores épocas de cultivo. También se debería estudiar de qué manera influyen los factores ambientales en el crecimiento, lo que suministraría importante información para establecer estrategias de cultivo más eficientes.

En el presente estudio, la densidad de cultivo durante todo el experimento fue mantenido al 50% de la cobertura de la cesta de cultivo, factor que se consideró para evitar el estrés de las altas densidades como lo reportan (Villarroel *et al.*, 2004; Arias *et al.*, 1995; Buitrago *et al.*, 2000; y Hernández *et al.*, 1998)

La ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condiciones de cultivo suspendido en la Laguna de Chacopata, estado Sucre, no mostro diferencias significativas entre el incremento de las diferentes tallas de las ostras (pequeñas, medianas y grandes) y periodos de cultivo, por lo tanto se podría descartar la



talla como un factor determinante para la siembra, evidenciado específicamente en el hecho que todas las tallas al final del experimento alcanzaron y superaron la mínima longitud de extracción comercial, establecida oficialmente para la explotación de sus bancos naturales (50 mm, INAPESCA, resolución 009, Caracas 18 junio 2002-Gaceta Oficial, República Bolivariana de Venezuela).

En cuanto a la comparación por épocas o periodos, se observa una respuesta similar del crecimiento de la ostra de mangle *C. rhizophorae* en los 2 periodos plenamente dominados por las condiciones ambientales de surgencia y estratificación, para la zona nororiental de Venezuela, no mostrando diferencias significativas entre periodos, a pesar de la apreciable variabilidad en el crecimiento. Al final del experimento, las ostras medianas y grandes mostraron incrementos totales en el orden de 23-46% y 20-49%, respectivamente y las tallas pequeñas incrementaron entre 41-43%. Estos resultados son menores que el 50 y 89% reportados por Villarroel *et al.* (2004) y Buitrago *et al.* (2009), y a los reportados por Núñez *et al.* (2010) que reportó un incremento total de 27% para la zona de Laguna Grande del Obispó, todos para el periodo de estratificación y valores para la época de surgencia similares a los mostrados en este estudio (53%). Para el resto de los estudios llevados cabo en la región Nororiental del país, los resultados alcanzaron valores del orden del 66, 100 y 285% (Hernández *et al.*, 1998; Rojas *et al.*, 1999; Buitrago *et al.*, 2000) Todos estos trabajos llevados en ambas épocas comprendieron periodos experimentales similares (3-5 meses).

Durante el segundo periodo de estudio (dominado por la surgencia costera), fue observado un incremento acelerado en la masa de los tejidos y acto seguido, una brusca caída de la misma, que fue común para todos los grupos de tallas. Este comportamiento sugiere que probablemente aconteció un proceso de gametogénesis, producto de la alta disponibilidad de alimento y bajas temperaturas observadas, y un sucesivo proceso de desove en el mes de mayo, momento en el que normalmente se produce un incremento de la temperatura que supera los 25 °C. Lo antes descrito concuerda con los procesos reproductivos de la ostra *C. rhizophorae* para el nororiente de Venezuela y descritos por Vélez (1975, 1991) y Marcano (1984). Estos cambios en la masa podrían evidenciar un comportamiento típico de organismos oportunistas, desde el punto de vista de su táctica reproductiva (Bayne, 1983), dirigido hacia la adquisición de la energía ofertada por el ambiente e inmediatamente invertida en los procesos reproductivos. Tal canalización preferencial de energía para la gametogénesis no afectó visiblemente el crecimiento en talla de la ostra, comportamiento contrario al que ha sido señalado para muchos bivalvos, incluyendo los cultivados en el nororiente de Venezuela (Lodeiros y Himmelman, 2000; Narváez *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2003). Por lo tanto las épocas (Estratificación y surgencia costera) en la zona de la laguna de Chacopata, no aportan un efecto significativo como para poder establecer un criterio que permitiese seleccionar la mejor época de siembra, observación apreciable en la figura 6, Sin embargo; aunque no se encontraron diferencias significativas en relación a los incrementos de los grupos



de tallas de las ostras cultivadas en ambos periodos, la pendiente de dicha relación fue mayor para el segundo periodo, lo que podría afirmar que los organismos tuvieron una mejor condición fisiológica cuando fueron cultivados en la época de febrero a julio de 2012 (dominada por la surgencia).

El análisis de regresiones múltiples, no mostró ninguna relación significativa, directa o inversa, entre los factores ambientales y las tasas de crecimiento de ninguna de los grupos de tallas de las ostras y en ninguno de los periodos estudiados. Esto podría deberse a factores intrínsecos que afectan la fisiología de las ostras, tales como la reproducción que pudo haber introducido cambios en las variables biométricas, sobre todo en la masa de los tejidos como resultados de adopción de distintas tácticas reproductivas (conservativa u oportunista) y que en cierta forma son independientes de los cambios ocurridos en el ambiente, lo que eventualmente introduciría “ruido” o distorsión en la variable afectada.

A diferencia de los resultados obtenidos en algunos estudios en relación a la influencia que algunos factores ambientales pueden ejercer sobre el crecimiento de moluscos bivalvos, en los que se demostró que los principales factores que explican el crecimiento de las ostras de las especies *C. virginica* (Powell *et al.*, 1995) y *C. gigas* (Hyun *et al.*, 2001), son la temperatura y la disponibilidad de alimento. O los de Villarroel *et al.* (2004) que mostraron que el factor principal del crecimiento de *C. rhizophorae* en el Golfo de Cariaco, es la disponibilidad de alimento, en el presente estudio, no fueron establecidos modelos que expliquen la variabilidad observada en los tejidos de *C. rhizophorae*. Tal y como fue expuesto anteriormente, esto sugiere la posibilidad de una mayor importancia de la modulación endógena que de la exógena en el crecimiento de las ostras bajo cultivo suspendido en la laguna de Chacopata, explicación también sugerida por el estudio realizado en la laguna de Restinga por Buitrago *et al.* en 2009. Desplazando la hipótesis de la influencia de los factores ambientales en el crecimiento de esta especie, para la zona de la boca de la laguna de Chacopata, estado Sucre.

Agradecimientos

El proyecto fue financiado por Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente.

Referencias

- Arias, L.M., Frías, J.A., Daza, P., Rodríguez, H. y Dueñas, P. 1995. El cultivo de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae*. En: Rodríguez, H., Polo, G. y Mora, O. (eds), INPA, Colombia, Serie Fundamentos 2. Bogotá: 153–208.
- Bayne, B.L. y Newell R. C. 1983. Physiological energetics of marine molluscs. In: Saleuddin, A.S.M.: Wilbur K.M. (Eds). The Mollusca. 4. Academic Press, N.Y. 407-515 pp.



- Buitrago, E., Lunar, K. y Moreno, P. 2000. Cultivo piloto de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita. Mem. Fundac. Cienc. Nat. La Salle, (154): 25–38.
- Buitrago, E. y Alvarado, D. 2005. A highly efficient oyster spat collector made with recycled material. *Aquac. Engineer.*, (33): 63–72.
- Buitrago, E.; Buitrago, J.; Freitas, L. y Lodeiros, C. 2009. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828), bajo condiciones de cultivo suspendido en la laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Zoo. Trop.*, 27(1): 79-90.
- FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. Roma, FAO. 2014. 219p.
- Freitas L., C. Lodeiros, N.G. Narváez, y J.M.F. Babarro. 2003. Growth and survival of the scallop *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (L., 1758) in suspended culture in the Cariaco Gulf (Venezuela), during a non-upwelling period. *Aquacult. Res.*, 34: 709-718.
- Hernández, O.; Troccoli, G. y Millán, J. 1998. Crecimiento, engorde y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* Guilding, 1828 en la isla de Cubagua, Venezuela. *Caribb. J. Sci.* 34(3-4):243-249.
- Hyun, K-H.; Pang, I.C.; Klinck, J.M.; Choi, K-S.; lee, J-B.; Powell, E.N.; Hofmann, E.E. y Bochenek, E.A. 2001. The effect of food composition on Pacific oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg) growth in Korea: a modeling study. *Aquaculture* 199:41-62.
- Lodeiros, C. y Himmelman, J. 2000. Identification of factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) zizac* in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture*, 182: 91-114.
- Lodeiros, C.; Buitrago, E. y Guerra, A. 2006. Evaluación del tipo de cestas de cultivo para la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* suspendidas en long line y balsa. *Ciencias Marinas*, 32: 331-337.
- Lovatelli, A.; Vannuccini, S. y McLeod, D. 2008. Current status of world bivalve aquaculture and trade. En: *Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina*. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp: 45-59.
- Marcano, V. 1984. Aspecto biológico de la reproducción en la ostra perla *Pinctada imbricata* Röding, 1798 (Mollusca: Bivalvia) de Punta Las Cabeceras, Isla de Cubagua, Venezuela. Tesis de Licenciatura. Dep. Biología. Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela. p. 64.
- Narváez N., C. Lodeiros, L. Freitas, M. Núñez, D. Pico y A. Prieto. 2002. Abundancia de juveniles y crecimiento de la concha abanico *Pinna carnea* (Gmelin, 1791) en cultivo suspendido. *Rev. Biol. Trop.*, 48: 785-797.
- Núñez, M. 2009. Crecimiento y sobrevivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* bajo condiciones de cultivo submareal e intermareal, en la Laguna Grande del Obispo, Golfo de Cariaco, Venezuela. Trabajo de Maestría en Ciencias Marinas, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente. 69 pp.
- Strickland, J. y Parsons, T. 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Second edition. *Fish. Res. Board of Canada. Bull.*, 167. Canadá.
- Villarroel, E., Buitrago, E. y Lodeiros, C. 2004. Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical oyster *Crassostrea rhizophorae* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Rev. Cient. Facult. de Ciencias Veterinarias, Univ. Zulia.*, (14): 28–35.



- Rojas, J.R.L y Narciso, S. 1999. Cultivo extensivo semi-controlado de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* en un sistema suspendido de parque fijo en el refugio de fauna silvestre Cuare, estado Falcón, Venezuela. *Memorias II Congreso Sur-Americano de Acuicultura, III Congreso de la World Aquaculture Society/Latin American Chapter*, Puerto La Cruz, 17-20 noviembre. 146-157pp.
- Powell E.N., J. Song, M. Ellis y E. Wilson-Ormond. 1995. The status of long-term trends of oyster 90 Vol. 27(1) ZOOTEKNIA TROPICAL 2009 reefs in Galveston bay, Texas. *J. Shellfish. Res.*, 14: 439-457.
- Vélez A. 1991. Biology and culture of the Caribbean mangrove oyster, *Crassostrea rhizophorae*, Guilding, in the Caribbean and South America. En Menzel W. (Ed.) *Estuarine and Marine Bivalve Mollusc Culture*. CRC Press. Boston, EUA. pp. 117-124.
- Vélez, A. 1975. Algunas observaciones sobre ostricultura en el oriente de Venezuela. *Lagena* 35-36: 9-21.
- Zar, J. 1984. *Biostatística Analysis*. Segunda Edición. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.



Cultivo de esponjas en Venezuela ¿Una alternativa sustentable a futuro?

Amaro, M. E.¹, Fariñas, M.¹, Guevara, M.²

¹Laboratorio de Bioactivos Marinos, Departamento de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

²Laboratorio de Acuicultura, extensión Plancton, Departamento de Biología Pesquera, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

E-mail: meamaro_2000@yahoo.com

Resumen

Las esponjas marinas constituyen un reservorio de compuestos bioactivos, entre los que destacan antimicrobianos, hemaglutinantes, hemolíticos, antiinflamatorios, analgésicos y particularmente antitumorales. Desde el año 2006, el Laboratorio de Bioactivos Marinos de la Universidad de Oriente ha venido estudiando la bioactividad de diferentes extractos de esponjas marinas, recolectadas en diferentes zonas de la región nororiental de Venezuela, pudiéndose resaltar la purificación de *Aplysina fulva* (Pallas, 1776) y de *A. lacunosa* (Lamarck, 1814), de compuestos orgánicos capaces de inhibir el crecimiento de bacterias certificadas y patógenas al humano. Asimismo, de *Niphates erecta* (Duchassaing & Michelotti, 1864) y de *Callyspongia vaginalis* (Lamarck, 1814) se purificaron proteínas líticas que rompen la integridad de las membranas de los eritrocitos humanos y, de *A. lacunosa* (Lamarck, 1814) y *Cliona varians* Duchassaing & Michelotti, 1864) se purificaron lectinas capaces de aglutinar glóbulos humanos del sistema ABO(H). En vista de que las recolectas de esponjas para análisis químicos y farmacognósticos incluyen cierto grado de intervención en los ecosistemas marinos, lo cual pone en riesgo el equilibrio ecológico de la zona, se ha planteado el cultivo experimental de esponjas, utilizando la técnica de tendadero, en la Ensenada de Turpialito, Sucre, Venezuela, zona que presenta condiciones de temperatura, salinidad, luz, transparencia del agua y fitoplancton, aptas para el desarrollo de estos organismos. Sobre la base de la importancia que han adquirido las esponjas marinas en los últimos años, se considera de interés brindar un sistema de cultivo que aporte un abastecimiento continuo de esponjas para aquellos científicos que realizan estudios biológicos y químicos en poríferos. Además, se estaría



brindando una alternativa sustentable a futuro, de poco costo y fácil mantenimiento.

Palabras clave

Acuicultura, Esponjas marinas, Poríferos, Compuestos activos.

Introducción

Las esponjas marinas son organismos pluricelulares muy simples, están formados por conjuntos de células especializadas, que empiezan a diferenciarse en tejidos pero sin llegar a formar órganos. Por su condición sésil, las esponjas no pueden perseguir a las presas ni escapar de los depredadores. Es por ello que, durante su evolución, las esponjas desarrollaron una alta capacidad de reproducción y diversos mecanismos bioquímicos y fisiológicos que conllevan a la producción de sustancias químicas para su defensa, consideradas hoy en día como una inmunidad humoral que no se debe confundir con la reacción inmune antígeno-anticuerpo en mamíferos. La producción de sustancias químicas ha conllevado a considerar a las esponjas, durante los últimos cincuenta años, un objeto atractivo de estudio para la química de productos naturales marinos, debido al gran número de metabolitos secundarios producidos, a la novedad estructural que muestran y su potencial terapéutico en el tratamiento de enfermedades humanas (Águila *et al.*, 2011). Además, son la mayor fuente de metabolitos secundarios marinos con potencial biomédico descubiertos hasta la fecha, incluyendo el uso de sus estructuras esqueléticas silíceas como fibra óptica en el campo de las telecomunicaciones (Vega *et al.*, 2012).

Las esponjas son consideradas una mina de oro por los químicos y se han descubiertos más de 6000 estructuras novedosas, muchas de ellas con enormes aplicaciones biomédicas, fundamentalmente contra el cáncer, pero también contra diversas bacterias, virus y otras patologías. Algunos de los fármacos derivados de esponjas se encuentran disponibles en el mercado, tal es el caso de Ara-A (antiviral) y de la Ara-C (antitumoral); además, existen actualmente numerosos compuestos bioactivos que están siendo evaluados en ensayos clínicos (Regalado *et al.*, 2010).

Un compuesto extraído y purificado a partir de las esponjas y que ha cobrado importancia en los últimos años está representado por las lectinas, proteínas de origen no inmune, capaces de unirse, en forma específica y reversible, a diversos carbohidratos presentes en las macromoléculas que se encuentran localizadas en las membranas celulares. Por este efecto, son capaces de aglutinar células y/o precipitar glicoconjugados. Cada molécula de lectina posee al menos dos regiones que les permite acoplarse a una molécula complementaria de azúcar o a varias unidades de azúcar pertenecientes a un oligosacárido (Vasta, 2010).



Las lectinas son de gran interés biológico por sus múltiples aplicaciones, como por ejemplo, su actividad mitogénica en los cultivos de linfocitos *in vitro*, estimulando la transformación de estas células en linfoblastos, los cuales finalmente se dividen por mitosis. Pueden usarse como herramientas en el estudio de la arquitectura normal de la superficie celular puesto que, las lectinas, pueden detectar cambios relacionados con la malignidad. Asimismo, pueden aplicarse en estudios inmunológicos, específicamente en el área de la inmunohematología, asociadas con transfusiones de sangre, ya que las lectinas, por la identidad que ellas presentan ante azúcares específicos de la membrana de los eritrocitos, sirven para la identificación de los diferentes grupos sanguíneos. Además, estas proteínas poseen interés nutricional, puesto que muchas semillas de leguminosas que forman parte de la dieta humana las contienen (León *et al.*, 2011).

El suministro de esponjas, como materia prima para la evaluación de sustancias naturales bioactivas, presenta la problemática de que las colectas indiscriminadas de las mismas causan severos daños a los ecosistemas; es aquí donde la acuicultura juega un papel importante.

La acuicultura de las esponjas marinas se ha convertido en uno de los métodos más fiables para abastecer a las empresas farmacéuticas con cantidades suficientes de metabolitos. Los investigadores del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC) de España y del Bioprocess Engineering Group, Department of Agrotechnology and Food Science de la Wageningen University de Holanda, realizaron estudios sobre el cultivo de la esponja *Dysidea avara* (Schmidt, 1862), que produce avarol, el cual tiene aplicaciones farmacológicas para la contrarrestar la inflamación y esclerosis (Caralt *et al.* 2010).

Los métodos de cultivo de esponjas tradicionales, basados en sistemas de contención en cuerdas verticales han resultado inadecuados, debido a la consistencia blanda de las esponjas marinas Caralt *et al.* (2010), por lo que se hace necesario investigar nuevas técnicas de cultivo que favorezcan el desarrollo óptimo de estos organismos.

Basado en lo señalado anteriormente, la presente investigación se fundamentó en la aplicación de la técnica de tendadero con cuerdas horizontales para el cultivo de esponjas marinas de importancia farmacológica, en la Ensenada de Turpialito, estado Sucre, Venezuela. Esto constituye una experiencia de interés por el aporte continuo de esponjas para aquellas industrias farmacéuticas que extraen, purifican y realizan estudios biológicos y químicos en poríferos. Todo esto permite la creación de fármacos u otros compuestos con valor comercial, así como también generar importantes ingresos económicos a núcleos familiares costeros que incursionen en el cultivo de las esponjas marinas.



Materiales y métodos

Técnica de cultivo y especies de esponjas incluidas en el estudio

La técnica de cultivo de esponjas marinas que se utilizó en este ensayo fue el de tendadero, el cual consistió en colocar, siete hileras horizontales de cuerdas de alambre forrado en plástico en una cuadrata, cuya área fue de 1 m². La misma se ubicó a dos metros de distancia del fondo en la zona de estudio. Cada cuerda tuvo un promedio de cinco trozos de esponjas, atados a ésta con una malla biodegradable y unas cintas plásticas, separados por 10 cm entre ellas; cada tendadero contó con 35 trozos de ejemplares de esponjas de la misma especie. Se colocaron cuatro especies *Cliona varians* (Duchassaing & Michelotti, 1864), *Aplysina lacunosa* (Lamarck, 1814), *Niphates erecta* (Duchassaing & Michelotti, 1864) y *Callyspongia vaginalis* (Lamarck, 1814). El ensayo tendrá una duración de 12 meses. Mensualmente, se toman mediciones de las esponjas con la ayuda de una cinta métrica con la finalidad de evaluar su crecimiento y se colectan fragmentos de las mismas para realizar análisis químicos y biológicos.

Área de estudio

El ensayo se inició en julio de 2014 en la Ensenada de Turpialito (10° 26' 44" Lat. N y 64° 02' 08" Long. W), estado Sucre, Venezuela, zona que presenta condiciones de temperatura, salinidad, luz, transparencia del agua y fitoplancton, aptas para el desarrollo de estos organismos.

Toma y procesamiento de las esponjas

Antes de ser cultivadas las esponjas, se tomaron muestras de cada especie en su medio natural y fueron transportadas en cavas con hielo hasta el Laboratorio de Bioactivos Marinos del Instituto Oceanográfico de Venezuela en la Universidad de Oriente, para ser procesadas y medir su bioactividad en tiempo inicial. Las esponjas fueron divididas en pequeños fragmentos con ayuda de un bisturí, para eliminar la fauna endobiótica visible que podía habitar en estos organismos. Luego, los fragmentos fueron liofilizados, en un equipo TELSTAR modelo CRYODOS-50, pulverizado en un mortero y conservado a -20 ° C hasta el momento de la realización de los bioensayos. Para la preparación del extracto acuoso de cada muestra, la precipitación y concentración de proteínas, se siguieron los procedimientos descritos por Bollag y Edelstein (1992). Los compuestos solubles en el medio acuoso se extrajeron en buffer fosfato salino (PBS) a pH 7,4. Las proteínas presentes se precipitaron por sobresaturación con sulfato de amonio a un 99% de pureza y fueron concentradas por diálisis utilizando bolsas de celulosa, cuya porosidad excluya moléculas menores a 12 kDa.



Separación de proteínas por cromatografía de exclusión molecular

Para separar las proteínas según su masa molar, se aplicó el método de Lloyd (Hughes, 1976) utilizando una columna empacada con Sephadex G-50. Antes de aplicar la muestra, la columna fue calibrada con patrones de masa molecular conocida para realizar una curva de calibración y calcular la masa molar de la proteína activa. Las proteínas empleadas como estándares abarcaron pesos moleculares entre 6.000 y 200.000 Da. El volumen muerto de la columna (V_0) se determinó con azul de dextrano. Con los datos obtenidos se realizó el cromatograma, y a las fracciones constitutivas de los picos registrados se les probó la actividad hemaglutinante, con el fin de ubicar la fracción contentiva de la lectina.

Electroforesis

Para determinar la pureza del material purificado y calcular la masa molar de la proteína en condiciones reductoras, se aplicó la técnica descrita por Laemmli (1970), la cual se fundamenta en realizar corridas electroforéticas en gel de poliacrilamida (acrilamida/Bis acrilamida) en presencia del detergente sulfato dodecilsódico (SDS) para desnaturalizar la proteína y separarla de acuerdo a su masa molar. Una vez culminada la corrida se procedió a la coloración del gel siguiendo el método de Ausubel *et al.* (1999), utilizando una solución de nitrato de plata al 19,4% para teñir las bandas.

Actividad hemaglutinante y hemolizante

Para revelar la presencia de lectinas en las muestras, se aplicó la técnica descrita por Landsteiner (1947, según Rogers y Fish, 1991), la cual se fundamenta en la reacción entre la lectina presente en el extracto y los carbohidratos presentes en las membranas de los glóbulos rojos humanos clasificadas como grupos sanguíneos A, B y O. Los resultados se reportaron de acuerdo a la simbología normalmente utilizada (cruces) cuando se produce la hemaglutinación, la cual se determinó con base en la formación de botones y/o grumos de glóbulos rojos, 4+ botón único con sobrenadante limpio, 3+ botón con pequeños grumos y sobrenadante limpio, 2+ pequeños grumos con sobrenadante limpio, 1+ pequeños grumos con sobrenadante turbio, comparados con dos controles (control positivo: fracción proteica contentiva de aglutininas de *Aplysina fistularis* (Fariñas, 2002); control negativo: suspensión normal de glóbulos rojos).

La hemólisis se determinó cualitativamente con base en las transformaciones físicas (viscosidad y color) de cada suspensión sanguínea sometida al extracto acuoso y al precipitado de proteínas, comparando los resultados con el extracto acuoso de la esponja marina *Amphimedon viridis*, cuya actividad hemolítica es ampliamente conocida (Berlinck *et al.*, 1996). Todo esto para asegurar que la hemólisis observada sea efecto del extracto y/o precipitado de proteínas de la esponja y no del mismo proceso. Cuando ocurre la hemólisis, la solución



sanguínea de viscosidad relativamente elevada y de color rojo claro, cambia a una solución menos viscosa y de color rojo intenso.

Actividad antibacteriana

Para evaluar el efecto antibacteriano se aplicó el método de antibiogramas o método de difusión en placas (Bauer *et al.*, 1966), el cual se fundamenta en probar la eficacia de un posible antibiótico en medios de cultivos, sembrados cada uno con las diferentes suspensiones bacterianas de concentración conocida (1×10^8 bacterias/ mL), preparadas por comparación con un patrón comercial MacFarlan 0,5. Para ello, discos de papel de filtro Whatman N°3, de 10 mm de diámetro, se impregnaron con el compuesto bioactivo purificado y colocados sobre placas servidas con agar Muller-Hinton y sembradas con bacterias certificadas y patógenas al humano (*Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas sp.*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*). Las placas sembradas se preincubaron a 4°C, durante doce horas, para permitir la difusión, sobre el agar, de la solución que se probó. Posteriormente, para permitir el crecimiento bacteriano, se incubaron por 5 días a 24°C. La prueba se consideró positiva por la formación de un halo de inhibición del crecimiento de la bacteria alrededor del disco que contiene la solución del compuesto bioactivo purificado.

Actividad antimicótica

Para evaluar el efecto antimicótico del compuesto activo purificado, se aplicó la técnica descrita por Ríos *et al.* (2009), sobre hongos patógenos al humano (*Curbularia sp.*, *Aspergillus niger*, *Candida albicans*, *Penicillium crustosum*). Esta técnica se basó en incubar las cepas de hongos en medio de cultivo inclinado, por una semana a temperatura ambiente, al cabo de la cual se le añadió 10 mL de solución isotónica de cloruro de sodio estéril al 0,9%, agitando y filtrando para obtener una suspensión de esporas de cada cepa incubada. Cada suspensión de esporas se examinó en un microscopio, para observar los conidios y realizar un conteo de los mismos en una cámara de Neubauer, de manera de garantizar que la suspensión tenga una concentración aproximada de 10^6 - 10^8 conidios/mL. Para ello, las suspensiones de esporas de los hongos seleccionados, se sembraron en placas de Petri previamente servidas con agar papa dextrosa y sobre ellas se colocaron discos estériles de papel de filtro Whatman N°3 de 10 mm de diámetro, impregnados con el compuesto activo purificado en solución. Las placas se incubaron durante 5 días a 24°C para permitir el crecimiento del hongo. Se interpretó como prueba positiva la formación de un halo de inhibición alrededor del disco que contuvo la solución a probar.



Familias químicas

A los extractos acuosos de las esponjas en estudio se les determinó la posible presencia de metabolitos secundarios, tales como saponinas, alcaloides, glicósidos cianogénicos, glicósidos cardiotónicos, taninos, polifenoles, antraquinonas, triterpenos pentacíclicos y esteroides insaturados, mediante las técnicas descritas por Marcano y Hasegawa (2002).

Resultados

A partir del extracto acuoso de *A. lacunosa* (Pallas, 1776), *C. varians*, *N. erecta* (Duchassaing y Michelotti, 1864) y *C. vaginalis* (Lamarck, 1814) se purificaron proteínas cuyas masas molares aparente fueron de 43 kDa (Fig. 1), 28kDa (Fig. 1), 45kDa (Fig. 1) y menor de 14,3kDa (Fig. 1), respectivamente.

Las proteínas purificadas de *A. lacunosa* y de *C. varians* provocaron la aglutinación de los glóbulos rojos humanos de los diferentes grupos sanguíneos, exhibiendo la máxima intensidad de aglutinación (4+), mientras que las proteínas purificadas de *N. erecta* y *C. vaginalis* provocaron la lisis de dichas células sanguíneas.

En los extractos acuosos de algunas de las esponjas evaluadas, existen compuestos con actividad antimicrobiana capaces de provocar la inhibición del crecimiento en cultivo de microorganismos patógenos al humano. Por ejemplo, *A. lacunosa* inhibió el crecimiento de *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* y *Salmonella enteritidis* con halos de inhibición de 24, 20, 24 y 22 mm, respectivamente. El extracto acuoso de *C. varians* provocó la inhibición del crecimiento de *Bacillus* sp., con halos de inhibición de 12 mm.

Adicionalmente, se pudo detectar, con pruebas cualitativas, la presencia de algunas familias químicas en los extractos acuosos de *A. lacunosa*, *N. erecta* y *C. vaginalis*. Por ejemplo, saponinas, alcaloides y polifenoles.



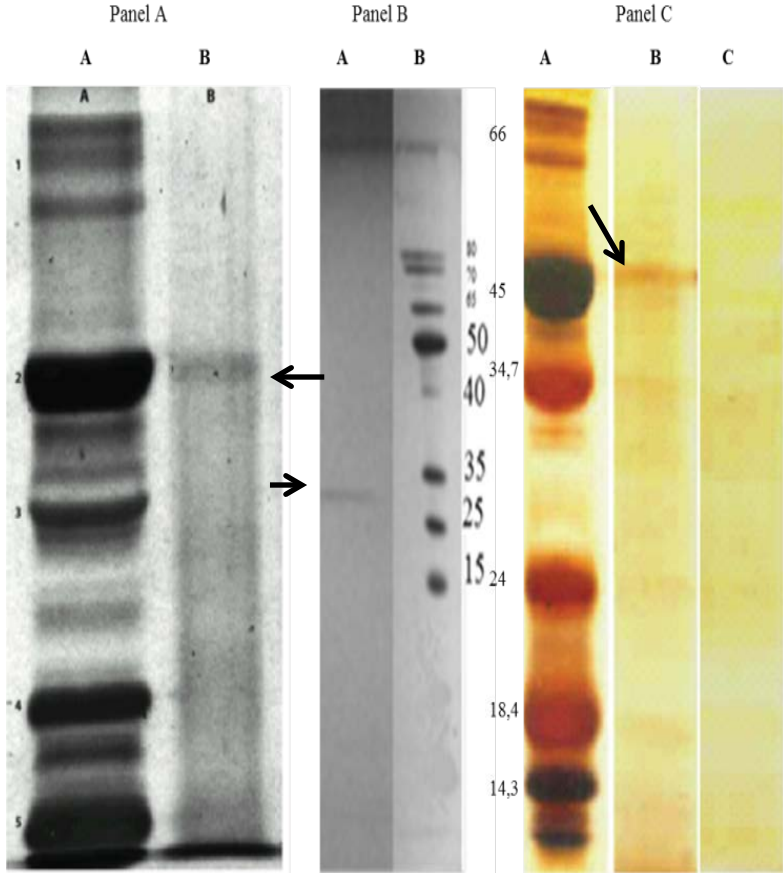


Figura 1. Electroforesis en gel SDS-PAGE de las proteínas purificadas (mostradas con flechas) por cromatografía. Panel A. Carril A. Marcador de pesos moleculares (kDa). Carril B. Banda de una proteína aglutinante de 43 kDa purificada de *A. lacunosa*. Panel B. Carril A. Banda de una proteína aglutinante de 28 kDa purificada de *C. varians*. Carril B. Marcador de pesos moleculares (kDa). Panel C. Carril A. Marcador de pesos moleculares (kDa). Carril B. Banda de una proteína hemolítica de 45kDa purificada de *N. erecta*. Carril C. Banda de una proteína hemolítica menor a los 14,3 kDa purificada de *C. vaginalis*.

Discusión

Este primer ensayo en esponjas cultivadas con la técnica de tendadero en el tiempo cero permitió purificar algunas proteínas con actividades aglutinantes y hemolíticas. La aglutinación inespecífica de los glóbulos rojos humanos por las proteínas aglutinantes tipo lectinas purificadas de *A. lacunosa* y de *C. varians*

sugiere que las mismas están reconociendo un azúcar común en la membrana de los glóbulos rojos probados. A este respecto, Müller de Soyano (1995) señala que existe el gen H, capaz de codificar la síntesis de la enzima fucosiltransferasa, la cual transfiere un azúcar fucosa a la sustancia precursora, formando la sustancia H, que conforma los determinantes antigénicos del sistema ABO(H) expresados en la membrana de todos los glóbulos rojos. Dicha sustancia está constituida por galactosa, N-acetil glucosamina, galactosa, glucosa y, unida a la galactosa final, una molécula de fucosa, lo cual indica que dichas proteínas purificadas están reconociendo o son específicas a cualquiera de estos azúcares.

El extracto acuoso y el precipitado de proteínas de *N. erecta* y *C. vaginalis* también provocaron la hemólisis de todos los grupos sanguíneos ensayados. En los extractos acuosos de ambas esponjas se reveló la presencia de saponinas. En este sentido, cabe señalar que este grupo de familias químicas han sido caracterizadas como compuestos tóxicos capaces de actuar como mecanismo de defensa, provocando la lisis celular (López *et al.*, 2011). Además, a partir de estas esponjas se lograron purificar proteínas líticas de masas molares aproximadas que variaron entre 45 kDa y menos de 14,3 kDa, respectivamente. Lo que permite inferir que dicha actividad lítica puede ser atribuida a las saponinas, a las hemolisinas o a una sinergia entre ambas.

Antón y Salazar (2009), involucran a las hemolisinas, a las lectinas, a los patrones de moléculas asociadas al patógeno (PMAP), a los péptidos antimicrobianos (PAM) y a las lisozimas, como los principales componentes en los mecanismos de defensa que desarrollan los invertebrados marinos, lo que permite suponer que la presencia de proteínas aglutinantes en los extractos acuosos de *A. lacunosa* y de *C. varians*, así como las hemolisinas purificadas de *N. erecta* y de *C. vaginalis* deben cumplir un rol de defensa en este primitivo grupo de invertebrados marinos.

La actividad antimicrobiana exhibida por los extractos acuosos de las esponjas coincide con los obtenidos por otros autores. Por ejemplo, Moura *et al.* (2006), probaron el efecto antimicrobiano de la lectina de *C. varians* y observaron inhibición en el crecimiento de *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y de los promastigotas de *Leishmania chagasi*. Sarkar *et al.* (2010), purificaron de la demospongia *Halichondria okadai* una lectina de 30 kDa, específica a D-galactosa y probaron el efecto antibacteriano y antimicótico *in vitro*, sobre bacterias gram positivas y gram negativas y sobre hongos, observando un fuerte efecto antibacteriano sobre las bacterias gram positivas *B. megaterium* y *B. subtilis* y, sobre las bacterias gram negativas *S. sonnei* y *S. dysenteriae*.

En este mismo sentido, Cedeño (2012), evidenció la presencia de alcaloides, saponinas, esteroides, triterpenos y taninos en *Aplysina lacunosa*, *A. fulva*, *C. varians*, *Cinachyrella kuekenthali*, *Amphimedon viridis* y *Aaptos pernucleata* con potencial actividad antibacteriana. Este señalamiento permite inferir que la presencia de saponinas, alcaloides y polifenoles en los extractos de las esponjas evaluadas en este estudio, podrían estar relacionados con la actividad antibacteriana exhibida sobre los cultivos.



Los resultados obtenidos en el laboratorio de Bioactivos Marinos del Instituto Oceanográfico de Venezuela y los reportados por otros autores sustentan la teoría de considerar a las esponjas marinas como fuentes inagotables de compuestos bioactivos con aplicaciones en las diferentes áreas biológicas, justificándose el planteamiento de la creación de un sistema de cultivo que aporte un abastecimiento continuo de las mismas para aquellos científicos que realizan estudios biológicos y químicos en poríferos. Además, se estaría brindando una alternativa poco costosa y de fácil mantenimiento.

Conclusión

La novedad de encontrar nuevas sustancias para uso farmacológico sustenta la importancia de realizar con urgencia una fuente continua de especies de esponjas, para dar continuidad a las futuras investigaciones sobre la obtención de estos compuestos bioactivos.

Referencias

- Águila, R., Hernández, C. y González, B. 2011. Potencial biotecnológico de las esponjas en la producción de nuevos fármacos: perspectivas y limitaciones. *CICIMAR Oceanídes* 26(2): 31-46.
- Antón, Y. y Salazar, R. 2009. El sistema inmune de los invertebrados. *Rev. Electrón. Vet.* 10 (9): On Line
- Ausubel, F., Brent, R., Kingston, R., Moore, D. y Scidman, J. 1999. Short Protocols in Molecular Biology. John Wiley y Sons, Inc., Madrid, España. 1099pp.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M.M., Sherris, J.C. y Turck, M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disc method. *American J. Clin. Pathol.* 45: 493-496.
- Berlinck, R., Ogawa, C., Almeida, A., Sanchez, M., Malpezzi, E., Costa, L., Hajdu, E. y Freitas, J. 1996. Chemical and pharmacological characterization of halitoxin from *Amphimedon viridis* (Porifera) from the south eastern Brazilian coast. *Comp. Biochem. Physiol.* 115C: 155-163.
- Bollag, D.M. y Edelstein. S.J. 1992. Protein methods. Wiley-Liss. New York. United States.
- Caralt, S., Sánchez-Fontenla, J., Uriz, M. y Wijffels, R. 2010. In situ aquaculture methods for *Dysidea avara* (Demospongiae, Porifera) in the Northwestern Mediterranean. *Mar. Drugs*. 8, 1731-1742.
- Cedeño, R. 2012. Estudio químico y bioactividad de las esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) más comunes de isla Larga y Mangle Quemao, bahía de Mochima. Estado Sucre, Venezuela. Tesis de pregrado, Departamento de Química, Universidad de Oriente.
- Fariñas, M. 2002. Aislamiento, caracterización Parcial y Actividad Biológica de Lectinas de Esponjas Marinas. Trabajo de Postgrado para optar al Título de *Magister Scientiarum*. Universidad de Oriente, Venezuela. 88 pp.
- Hughes, R. C. 1976. Membrane Glycoproteins. Butter Worths. London. 357 pp.



- Laemmli, U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680-685.
- León, S., D'Armas, D. y González, A. 2011. Lectina: una biomolécula que promete en las ciencias biomédicas. *Rev. Cienc. Méd.*, 15(2): 3-12.
- López, L., Fariñas, M. y Amaro, M. E. 2011. Evaluación de la actividad hemaglutinante y hemolíticade las esponjas marinas *Niphates erecta* (Duchassaing y Michelotti, 1864) y *Callyspongia vaginalis* (Lamarck, 1814). *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*. 23(2): 113-119.
- Marcano, D. y Hasegawa, M. 2002. *Fitoquímica orgánica*. Segunda edición. Consejo de desarrollo científico y humanístico. Universidad Central de Venezuela.
- Moura, R., Queiroz, A., Fook, J., Diaz, A., Monteiro, N., Ribeiro, J., Moura, G., Macedo, L., Santos, E. y Ventas, M. 2006. CvL, a lectin from the marine sponge *C. varians*: Isolation, characterization and its effects on pathogenic bacteria and its effects on pathogenic bacteria and *Leishmania promastigotes*. *Comp. Biochem. Fisiol.*, 145(4): 517-523.
- Müller de Soyano, A. 1995. Anemias hemolíticas por anomalías de la membrana eritrocítica. En: Hematología. I Tomo. 3^{ra} Edición (Ed. J.L. Pérez Requejo). Editorial Disinlimed, C.A., Caracas: 181-202.
- Regalado, E., Laguna, A. y Martínez, J. 2010. Las esponjas marinas como fuente de nuevas sustancias bioactivas. Revista electrónica de la *Agencia de Medio Ambiente*. Cuba, La Habana. N° 19. ISSN-1683-8904.
- Ríos, N., Medina, G., Jiménez, J., Yáñez, C., García, M., Di Bernardo, M. y Gualtieri, M. 2009. Actividad antibacteriana y antifúngica de extractos de algas marinas venezolanas. *Rev. Peru, Biol.*, 16(1): 97-100.
- Rogers, D. J. y Fish, B. C. 1991. Marine algal lectins. *En: Lectin Reviews* (Ed. D. C. Kilpatrick; E. Van Driessche & T. C. Bog-Hansen). Sigma Chemical Company, St. Louis Missouri USA: 129-142.
- Sarkar, K., Sarkar, M., Rahman, S., Yasumitsu, H. y Ozeki, Y. 2010. *In vitro* antibacterial and antifungal effects of a 30 kDa D-Galactoside-specific lectin from the demosponge, *Halichondria okadai*. *Int. J. Biol. Life Sci.*, 6(1): 31-36.
- Vasta, G. 2010. Aspectos bioquímicos, estructurales y funcionales de las galectinas en la inmunidad. Mensaje Bioquímico, XXXIV: 17-30.
- Vega, C., Hernández-Guerrero, J. y Cruz-Barraza, J. 2012. Biogeografía de esponjas marinas (phylum porifera); estudios en el Pacífico Oriental. *CICIMAR Océánides* 27(1): 35-50.





Cultivo piloto de ostras (*Crassostrea rhizophorae* Gulding 1828) desarrollo productivo en el Golfo de Urabá, Colombia. Transferencia de buenas prácticas en pesca artesanal y acuicultura

Piedrahita H.S.¹, Ospina N.²

¹Docente de Cátedra U de A, Bloque 2-oficina 135 Ciudadela Universitaria, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

²Docente Titular U de A, Bloque 2-oficina 135 Ciudadela Universitaria Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

E-mail: piedrav@gmail.com

Resumen

En el marco del programa ERICA (España y sus Regiones Intercambian Conocimientos con Antioquia), con la financiación de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el desarrollo AECID, la Gobernación de Antioquia, la Universidad de Antioquia y Corpouraba se realizó la caracterización, el diagnóstico de la actividad pesquera y las buenas prácticas de captura y comercialización del pescado mediante encuestas a pescadores del Golfo de Urabá, sus condiciones socioeconómicas y equidad de género; se socializó el proyecto a pescadores e instituciones involucradas en la región y se capacitaron tres comunidades de pescadores APAVECMA (Claudia María), ASOPESUNO (El Uno) en el municipio de Turbo y PESCRIARNEC del municipio de Necoclí.

Se visitaron los posibles sitios para establecer los cultivos de ostras, mediante análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se seleccionó el sitio Los Hoyos donde se encontraron mejores condiciones medio ambientales para implementar el cultivo piloto de ostras. Se probaron varios colectores para la siembra de semillas de ostras recolectadas de las raíces de mangle, se pasaron al engorde en linternas, después de ocho meses de cultivo se realizó la cosecha y depuración para garantizar la calidad e inocuidad de las ostras, se manejaron registros técnicos con los datos de biometría y resultados físico químicos y microbiológicos de agua y de ostras. Se realizó un estudio de mercadeo en la región y las principales ciudades del país. Los pescadores recibieron capacitación en gastronomía de Ostras, se realizaron dos ferias gastronómicas. Para la



transferencia de conocimientos el equipo técnico realiza misiones a España, donde se conocen los sistemas de cultivo, bajo la asesoría de CETMAR (Centro Tecnológico del Mar) y de ellos a Colombia, se contó con el acompañamiento de 2 técnicos cada uno durante 3 meses de trabajo de campo, finalmente 5 pescadores y dos investigadores colombianos viajan a El Salvador para realizar intercambio de conocimientos con OSPESCA (Organización del sector pesquero y Acuícola del Istmo Centro Americano).

Palabras clave

Cultivo, pesca artesanal, *Crassostrea rhizophorae*

Introducción

Con el fin de propiciar alternativas productivas que le aporten al desarrollo económico de la región, se implementó un proyecto piloto de cultivo de ostras en el Golfo de Urabá, municipio de Turbo, para diversificar las actividades de las comunidades de pescadores artesanales por medio de la formación y el adiestramiento en el manejo de buenas prácticas, mejorando sus condiciones de trabajo, proporcionando mejores opciones económicas, nutricionales y sociales y logrando la conservación del recurso natural tanto del manglar como de la ostra. El cultivo de ostras resulta ser una alternativa económica sostenible para los pescadores artesanales, por los bajos costos de producción, el reciclaje de implementos de cultivo, la recolección de semilla en el medio natural y el no suministro de alimento extra.

Se implementó un cultivo piloto de ostras en el Golfo de Urabá y capacitó a los pescadores artesanales de la región, en el manejo de las Buenas Prácticas en sus actividades diarias de pesca, para contribuir a mejorar las condiciones para el desarrollo sostenible de los recursos marinos.

Materiales y métodos

Se aplicaron encuestas a los pescadores artesanales de los municipios de Turbo y Necoclí a través de las cuales se buscaba conocer las condiciones sociales de las comunidades: número de integrantes de las familias, rango de ingresos, personas que trabajan en la familia y en qué actividad, si tenían seguridad social y como se vinculan las mujeres en las actividades pesqueras, las practicas implementadas en las jornadas de pesca, captura, limpieza y desinfección de sus embarcaciones, así como en el proceso de evisceración, almacenamiento y comercialización del producto pesquero y sobre el tipo de organización, si existía y como estaban conformados.



De acuerdo a los resultados de esta caracterización se direccionaron los temas de las capacitaciones en la parte técnica del manejo del cultivo de ostras, la transferencia de buenas prácticas y de fortalecimiento de la asociatividad, adquiriendo las respectivas competencias.

Se realizaron talleres con la asesoría y acompañamiento de técnicos de CETMAR mediante el método de aprender haciendo para elaborar las estructuras para el cultivo de ostras: colectores de semillas en cartón plast, construcción de campanas y linternas para el engorde, instalación en los sitios seleccionados, manejo y limpieza en sus diferentes etapas del cultivo, control de depredadores y competidores, biometría y porcentaje de rendimiento, manejo de registros técnicos, además recibieron capacitación en gastronomía por parte del SENA, ampliando sus habilidades para la elaboración de diferentes preparaciones de ostras.

Resultados

De los tres sitios elegidos para desarrollar el cultivo de ostras en el Golfo de Urabá, el que presento mejores rendimientos fue el de la ensenada de Los Hoyos, donde se podía obtener la semilla en forma natural por la abundancia de manglares y por qué las condiciones ambientales, físico químicas y microbiológicas eran óptimas, los otros dos sitios, en el Uno se presentó mucha sedimentación y más contaminación por estar más cerca al municipio de Turbo y en la Ensenada de Rionegro en el municipio de Necoclí la poca salinidad no permitió un adecuado crecimiento de las ostras y se presentaron altas tasas de mortalidad, por lo cual se descartó el cultivo.

Las líneas de colectores hechos con cartón plast unidos con nylon y utilizando como lastre botellas de plástico recicladas llenas de arena, se instalaron cerca de las raíces de los mangles, se mantienen bajo el nivel del agua, se recolectaron semillas de ostras del medio y se fijaron, se dejaron crecer alrededor de dos meses cuando alcanzaron una talla igual o mayor de 20 milímetros, luego para el engorde se utilizaron linternas elaborados con anillos de 50 cm de alambre galvanizado, forrados en malla y superpuestos con una separación de 15 cm formando de 3 a 10 niveles. La longitud total de una linterna de 10 pisos es de 1.5 m y se suspende a una distancia de 1 m entre ellas “Buitrago (2003^a). Una vez la ostra alcanza los 20 mm es trasladada desde los colectores hacia las linternas donde crece y engorda por un periodo de 6 meses hasta lograr un tamaño de 6 a 7 cm, momento en el cual puede ser cosechada.

Para lograr el crecimiento de las ostras es necesario garantizar que las líneas del cultivo se mantengan limpias y libres de sedimentos y depredadores, con este propósito se implementó la técnica del asoleado o exodación (exponer al sol las linternas durante 4 a 6 horas diarias cada tres días y 1 hora diaria los colectores), así como la limpieza a mano con cepillo.



En cumplimiento a los requerimientos de las normas vigentes a nivel nacional se monitorearon las variables más importantes en la evaluación de la calidad de los productos hidrobiológicos, haciendo análisis de los indicadores microbiológicos: Heterótrofos totales, *Salmonella* sp. *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* termo tolerante, Coliformes totales, *Clostridium perfringes* y *Enterococcus faecalis*. En estos mismos sitios se evaluó la concentración de metales pesados Mercurio, Cadmio, Plomo y Cromo en el tejido de la ostra, con el fin de reducir los riesgos potenciales de los consumidores.

Una vez las ostras alcanzan el tamaño deseado para ser cosechadas, es necesario realizar un proceso de depuración o limpieza para lograr antes del consumo su inocuidad y eliminar los microorganismos patógenos presentes. Esta técnica consiste en colocar las ostras en tanques de agua de mar limpia o agua de mar artificial, con agua potable y sal adicionando otros compuestos coadyuvantes que tienen como función disminuir la carga bacteriana y actúan como desinfectantes como el cloro y los ácidos orgánicos provenientes de semillas de cítricos, empleados como agentes depuradores con un tiempo de permanencia suficiente para que los moluscos vacíen todo el contenido estomacal y eliminar los microorganismos y compuestos indeseables, garantizando inocuidad y calidad total para el consumo.

A partir de la caracterización de los pescadores del Golfo de Urabá se pudieron conocer a profundidad sus condiciones socio económicas e identificar sus necesidades más sentidas para determinar y encaminar las acciones a implementar con el proyecto. A través de las encuestas se obtuvieron datos como: familias conformadas por 6 personas en promedio, en su mayoría desplazados y afrodescendientes, cuya actividad principal es la pesca artesanal de subsistencia, pertenecientes al estrato 1 del SISBEN, no cuentan con ingresos fijos, casi todas sus necesidades básicas insatisfechas, no tienen servicios mínimos de acueducto y alcantarillado, presentan altos índices de analfabetismo y deserción escolar y ejercen labores complementarias para garantizar su sustento diario. Se calcula un número aproximado de 5.000 familias dedicadas a la actividad pesquera artesanal.

Discusión

Con el proyecto se estandarizó el proceso productivo de un cultivo de Ostra de Mangle (*Crassostrea rhizophorae*), en el sector los Hoyos del Golfo de Urabá, se hizo monitoreo en biometría, limpieza, desinfección, control de depredadores, condiciones fisicoquímicas, microbiológicas al agua y a las ostras de cultivo, se obtuvo una supervivencia del 95%, se realizó la depuración a las ostras para garantizar la seguridad alimentaria al consumidor y se concientizó a los pescadores artesanales sobre la aplicación de las buenas Prácticas Acuícolas, la importancia de la asociatividad y la conservación de los manglares como



hábitat para la producción de semilla de ostras y otras especies marinas importantes en el ecosistema.

Conclusiones

La producción acuícola de ostras constituye una alternativa económica sostenible en el Golfo de Urabá, dado que los costos derivados del cultivo son relativamente bajos comparados con otros proyectos agropecuarios y acuícolas, la alimentación no depende de recursos externos ni costosos y la semilla se obtiene del medio natural, aunque es necesario pensar en la producción de esta en laboratorios para no acabar con el recurso.

La participación de las comunidades de pescadores en las actividades del proyecto piloto demostró su compromiso y empoderamiento en el desarrollo y sostenimiento del mismo, perfeccionando cada vez más sus habilidades mediante las capacitaciones y adiestramiento para obtener mejores resultados en la producción de ostras.

A través de las capacitaciones y misiones técnicas dadas con el proyecto de Transferencia de Buenas Prácticas de Pesca Artesanal y Acuicultura de ostras, se fortalecieron las asociaciones y el trabajo en equipo de los pescadores: APAVECMA (Claudia María), ASOPESUNO (El Uno) en el municipio de Turbo y PESCRIARNEC del municipio de Necoclí.

La Gobernación de Antioquia y la Universidad de Antioquia con la estrategia del proyecto ERICA de ostricultura vieron la oportunidad de generar desarrollo local, económico y sostenible que pudiera contrarrestar de alguna manera la falta de alternativas productivas de dichas comunidades y potenciar su desarrollo regional generando empleo, haciendo frente a la pobreza y desigualdad en esta zona, reduciendo las brechas de inequidad.

Referencias

- Arboleda, E. 2002. Estado actual del conocimiento y riqueza de peces, crustáceos, decápodos, moluscos, equinodermos y corales escleractinios del Océano Pacífico colombiano. Tesis de Pregrado, Facultad de Biología Marina, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colombia.
- Buitrago E., J. Buitrago, L. Freitas y C. Lodeiros. 2009. Identificación de factores que afectan al crecimiento y la supervivencia de la ostra de mangle *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) bajo condiciones de cultivo suspendido en La Laguna de La Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 27(1): 1-12
- Lodeiros C. y L. Freitas. 2008. Estado actual y perspectivas del cultivo de moluscos bivalvos en Venezuela En: Lovatelli, A., U. Iker y A. Farías. (Eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura.



- No. 12. Roma, FAO. 359p. Velasco, L.A. 2005. Desarrollo de la tecnología para la producción de pectínidos del Caribe colombiano. Informe final proyecto de Investigación, Universidad del Magdalena – COLCIENCIAS, Santa Marta, Colombia
- Velasco, L.A. y Barros, 2008. Cultivo de bivalvos en Colombia: ¿utopía o apuesta de futuro? En A. Lovatelli, A. Farías e I. Uriarte (eds). Estado actual del cultivo y manejo de moluscos bivalvos y su proyección futura: factores que afectan su sustentabilidad en América Latina. Taller Técnico Regional de la FAO. 20–24 de agosto de 2007, Puerto Montt, Chile. FAO Actas de Pesca y Acuicultura. No. 12. Roma, FAO. pp. 115–128.



Sistema de recirculación de agua para el levantamiento de larvas de *Piaractus brachyomus*, *Colossoma macropomum* y su híbrido

Poleo G.A., Moyetone P., Sivira W., Abad D., Rincón D.

Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Estación de piscicultura, Apartado Postal 400, Barquisimeto, Edo. Lara, Venezuela.

E-mail: gpoleo@ucla.edu.ve

Resumen

Los sistemas de recirculación de agua son en la actualidad una herramienta indispensable en cualquier laboratorio de producción acuícola, siendo estos sistemas utilizados para la reproducción, producción, mantenimiento e investigación. Entre sus ventajas encontramos la posibilidad de aumentar considerablemente la biomasa y la estabilidad de diferentes parámetros de calidad de agua como; temperatura, amoníaco, nitritos, dióxido de carbono, oxígeno, pH, alcalinidad y dureza. En el presente trabajo describimos el diseño y construcción de un sistema de recirculación de agua destinado al levantamiento de larvas de *Piaractus brachyomus*, *Colossoma macropomum* y su híbrido, en la Estación de Piscicultura de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Venezuela. La situación geográfica de la Estación de Piscicultura situada a 700 metros sobre el nivel del mar hace que la temperatura media del agua sea de 23°C, temperatura por debajo de lo ideal para larvas de peces tropicales. Esta situación junto con las limitaciones de agua que se tienen en la actualidad, nos hizo diseñar un sistema para mantener fácilmente la estabilidad de la temperatura y otros parámetros de la calidad de agua, como también minimizar su consumo. Las larvas de peces son muy sensibles a pequeños cambios en la calidad de agua y con este sistema hemos podido mantenerlos estables durante el tiempo que duran las larvas en el laboratorio, previo a su siembra en los tanques de alevinaje. El sistema constó de 4 tanques o “bateas” de PVC, de 2 m de largo con capacidad para 200 L de agua cada una, todas conectadas a un drenaje común que desaguó a través de tuberías de PVC a un barril de plástico de 200 L. Al barril se le acopló una bomba de ½ HP la cual impulsó el agua a través de un filtro biológico o Bioclaificador, del cual salió y regresó a los tanques de levantamiento de larvas. Todos los tanques se



oxigenaron con aire proveniente de un soplador conectado a mangueras difusoras. Con este sistemas hemos podido mantener hasta un aproximado de 500.000 larvas de *C. macropomum*, *P. brachypomus* o su híbrido por más de 12 días con mortalidades menores al 10%.

Palabras clave

Filtro biológico, cachama, larvas, *Piaractus*, híbrido.

Introducción

Los sistemas de recirculación de agua son en la actualidad una herramienta indispensable en cualquier laboratorio de producción acuícola, siendo estos sistemas utilizados para la reproducción, producción, mantenimiento e investigación de especies acuáticas (Timmons *et al.*, 2002). Entre sus ventajas encontramos la posibilidad de aumentar considerablemente la biomasa por volumen de agua utilizada, la estabilidad de diferentes parámetros de calidad de agua como; temperatura, amoníaco, nitritos, dióxido de carbono, oxígeno, pH, alcalinidad y dureza. En el presente trabajo describimos el diseño y construcción de un sistema de recirculación de agua destinado al levantamiento de larvas de *Piaractus brachypomus*, *Colossoma macropomum* y su híbrido, en la Estación de Piscicultura de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, Venezuela. En la figura 1 se muestra el sistema de filtración el cual consta de un bioclarificador de 170 litros que contiene 0,05 m³ de polietileno de alta densidad, el cual sirve como matriz para las bacterias nitrificantes. El agua es impulsada a través del filtro con un bomba de 1/2 HP. El agua que retorna de las “bateas” se almacena en un sumidero antes de que sea bombeada hacia el filtro (Figura 1).



Figura 1. Sistema de recirculación de agua para el levantamiento de larvas de cachamas. El sistema se diseñó con bioclarificador (filtro mecánico y biológico), un sumidero y 4 tanques de 200 L de capacidad.



El sistema consta de 4 tanques o “bateas” de PVC, de 2 m de largo con capacidad para 200 L de agua cada una, todas conectadas a un drenaje común que desaguó a través de tuberías de PVC a un barril de plástico de 200 L o sumidero (Figura 2).



Figura 2. Tanques de 200 L con capacidad para 125.000 larvas de cachama blanca, negra o sus híbridos.

La situación geográfica de la Estación de Piscicultura situada a 700 metros sobre el nivel del mar hace que la temperatura media anual del agua sea de 23°C, temperatura por debajo de lo ideal para larvas de peces tropicales. Esta situación junto con las limitaciones de agua que se tienen en la actualidad, nos hizo diseñar un sistema para mantener fácilmente la estabilidad de la temperatura y otros parámetros de la calidad de agua, como también minimizar su consumo. Las larvas de peces son muy sensibles a pequeños cambios en la calidad de agua (Gullian-Klanian y Arámburu-Adame 2013) y con este sistema hemos podido mantenerlos estables durante el tiempo que duran las larvas en el laboratorio, previo a su siembra en los tanques de alevinaje. Todos los tanques se oxigenaron con aire proveniente de un soplador conectado a mangueras difusoras.

Conclusión

El sistema de recirculación de agua diseñado para el levantamiento larval, permitió mantener la temperatura del agua por encima de los 26°C como también conservar otros parámetros de calidad de agua como: oxígeno disuelto, amonio total, nitritos, alcalinidad y dureza en rangos adecuados para los peces. Con este sistemas hemos podido levantar hasta un aproximado de 500.000 larvas de *C. macropomum*, *P. brachypomus* o su híbrido por más de 12 días con mortalidades menores al 10%.



Referencias

- Gullian-Klanian M. y Arámburu-Adame C. 2013. Performance of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings in a hyper-intensive recirculating aquaculture system with low water exchange. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 41: 150-162.
- Losordo T.M., Masser M.P y Rakocy J.E. 1999. Recirculating aquaculture tank production systems, A Review of component options. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 453.
- Timmons M.B., Ebeling J.M., Wheaton F.W., Summerrfelt S.T. y Vinci B.J. 2002. *Recirculating aquaculture systems*. 2nd ed. New York: Cayuga Aqua Venture, 769p.



Desarrollo de la actividad acuícola del Paiche *Arapaima gigas* en la amazonia peruana

Jules J. Arévalo Díaz¹, Omar O. Delgado Vargas²

¹ Asesor acuícola de la “Asociación Complejo Centenario Padres Agustinos”

² Asesor acuícola de la Empresa “Acuícola San Luis”

E-mail: julez__z@hotmail.com

Introducción

El ecosistema amazónico se ha revelado mediante la actividad acuícola en los últimos años. El Paiche (Perú) o Pirarucú (Brasil) - *Arapaima gigas*, es un pez neotropical, sudamericano que vive en ambientes con temperatura ambiental elevada todo el año (con promedio de 26 °C) y más de 2000 mm de precipitación anual. Habita en regiones de tierras bajas de la cuenca amazónica. Poblaciones naturales de este pez aún se encuentran en Brasil, Colombia, Guyana y Perú. Grupos más reducidos de esta especie se pueden hallar en Ecuador y Venezuela. El manejo del Paiche en ambientes controlados es una actividad relativamente nueva en la Amazonia Peruana ya que, con la asistencia del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) a partir del año 2000, los piscicultores tomaron un interés mayor para el manejo de esta especie, tanto como para su conservación y producción. Actualmente existen varios cuellos de botella que aún no se han podido resolver, como la producción de semilla sostenible, el manejo en los primeros estadios de desarrollo y la producción de carne. Los avances en investigaciones desarrollados por el IIAP en los últimos años, muestran que poco a poco se está obteniendo un paquete tecnológico completo. La investigación más importante y que ha generado un nuevo giro en el desarrollo de la actividad, es la determinación del sexo de los ejemplares adultos para la reproducción, de esa manera se optimiza variables como tiempo y dinero. El presente trabajo refleja el proceso por cada etapa de la cadena productiva del Paiche, resaltando experiencias de productores que aportan informaciones valiosas a la actividad acuícola.

El Paiche, aspectos generales

El Paiche es uno de los mayores peces de agua dulce, llegando a tener hasta 3 m de longitud y un promedio de 200 Kg. de peso (Fig. 1), aunque muy raramente se observan ejemplares de ese tamaño actualmente. Su maduración sexual se da



entre el cuarto y quinto año con un peso alrededor de 40 a 60kg. Su estrategia reproductiva cuenta con la construcción de nidos en el sustrato de los estanques o lagos; posee una desova parcelada y con cuidado parental durante 90 días aproximadamente. Tiene la habilidad de respirar aire atmosférico con el auxilio de una vejiga natatoria altamente vascularizada. Las características de su carne, es de coloración levemente rosa, con textura firme y ausente de espinas; en cuanto a rendimiento, tiene un bajo porcentaje de gordura (<5%); filete sin piel 57%, piel y escamas 9%, cabeza 12% y vísceras 6%.

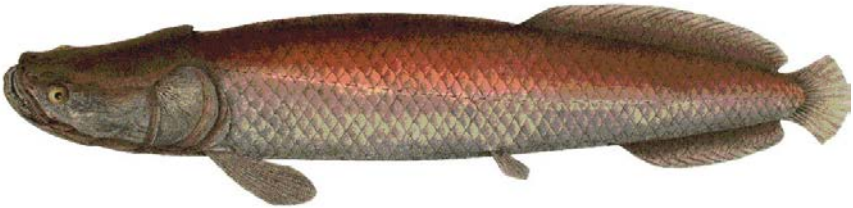


Figura 1. El Paiche *Arapaima gigas*, pez de la amazonia que puede llegar a alcanzar longitudes de 3 m y 200 kg de peso.

Proceso productivo del cultivo de Paiche en la amazonia

Aspectos reproductivos

Desde sus inicios el manejo de reproductores se ha basado principalmente en la observación del comportamiento de los ejemplares adultos de Paiche dentro del estanque. Existe poca literatura sobre esta etapa, sin embargo los aportes de las experiencias de los productores siempre son relevantes. El proceso empieza con la temporada de lluvias que estimulan al proceso reproductivo; los reproductores dejan de atender al alimento que se le brinda (pescado congelado) y ponen énfasis en la construcción del nido, que es labor del macho.

En estanques de 6,000 a 10,000 m² con varios ejemplares reproductores (entre machos y hembras), la hembra es selectiva al momento de escoger al macho (en algunas ocasiones existen un macho alfa). El nido puede variar en dimensiones y en números. La distribución del nido también es variable, depende de aspectos del sustrato y de la vegetación del estanque. Se ha probado con la construcción de nidos artificiales hecho con madera y concreto para disminuir el gasto de energía de los reproductores, lo cual ha tenido resultados alentadores. El periodo desde el desove hasta la eclosión de los huevos es aproximadamente de 5 días y luego hasta que las larvas aprendan a nadar y a respirar aire atmosférico son 4 a 6 días más. El cuidado en estos días es estrictamente del macho que se torna de un color negro, lo cual sirve como medida de protección a las crías que son del mismo color y que nadan alrededor del dorso. Este cuidado puede durar de 3 a 4 meses, e incluso más.



Para la producción y manejo de alevinos, éstos son retirados del macho cuando tienen aproximadamente 7cm de longitud, mediante un cerco de 2 redes, este proceso es denominado comúnmente “levante de alevinos”. En promedio se logra capturar de 2,000 a 3,000 crías por levante. Desde el año 2007 que se obtuvo cerca de 15,000 crías el crecimiento ha sido exponencial, llegando a un pico de cerca de 100,000 crías en el año 2010. En Brasil, existen experiencias de “levante de huevos y larvas”, llegando a una producción de 10,000 hasta 15,000 crías.

Luego del proceso reproductivo se puede separar al macho y a la hembra en estanques de 700 a 1000m². La densidad dependerá mucho de las exigencias y el cuidado de los parámetros. Se ha demostrado que en estanques con menor área, la producción de alevinos es baja.

Existen casos en que los reproductores no han sido selectivos naturalmente sino por el piscicultor basado en características externas o mediante el sexaje basado en procesos bioquímicos de la sangre; lo que sucede es una baja productividad de alevinos o en algunos casos no existe la etapa reproductiva.

Manejo de alevinos

Cuando los alevinos son retirados del macho, pasan por un proceso de acondicionamiento alimenticio. La infraestructura para el manejo de juveniles puede variar desde tanques de cemento, tanques circulares de fibra de vidrio, peceras y estanques de tierra. Los alevinos regularmente son de tallas de 7 a 10 cm, cuando tienen mayor influencia a cambiar el hábito alimenticio y cuando son resistentes al manipuleo. El manejo de alevinos como parte de la etapa productiva no es frecuente en la amazonia peruana, es por eso que durante este periodo se tiene muchas pérdidas de ejemplares (>20%). Lo más común es observar el manejo de alevinos en estanques de tierra de dimensiones pequeñas o artesas de madera, cubiertas por mallas anti pájaros, para facilitar el acondicionamiento al alimento balanceado y evitar a los depredadores. El acondicionamiento al alimento balanceado es fundamental en esta etapa, pues será el hábito que tendrá en todo su desarrollo. Se empieza por brindar trozos de pescado (preferentemente pulpa de pescado sin espinas) de acuerdo al tamaño de su boca; en los días siguientes se comienza a mezclar la pulpa con el alimento balanceado gradualmente de menos a más, hasta que solo acepten el alimento balanceado. Este proceso se denomina Transición Gradual de Ración (TGR). Existe un protocolo para la adaptación al alimento balanceado realizado el IIAP que consta de 4 semanas. Sin embargo, la experiencia de productores ha hecho que este periodo se recorte a 5 a 7 días lo cual genera ganancia en tiempo y dinero; incluso otros productores han logrado adaptarlos desde el nacimiento. Otras experiencias fuera del país, se relatan adaptaciones con zooplancton en larvas y alevinos de hasta 3cm, debido a la capacidad de filtración de sus rastros branquiales.

El cuidado de alevinos en esta etapa es esencial, pues son propensos a adquirir infecciones bacterianas y fúngicas. Una alimentación óptima de acuerdo al



sistema de cultivo es fundamental. Se recomienda alimentar a los alevinos hasta la saciedad con una tasa de 50% de PB, en intervalos de 2 a 3 horas, observando si el excedente de alimento no produce contaminación en el agua, lo cual podría alterar el desarrollo normal. El alimento que ha tenido resultados óptimos para los productores en esta etapa ha sido el Aquaxcel, sin embargo el precio es el doble del que acostumbraban a utilizar. Las evaluaciones biométricas se deben dar semanalmente. El manejo de alevinos en estanques es el sistema generalmente empleado. En algunos casos para sistematizar infraestructura se construye corrales o jaulas. Estaqueques de 500 a 1000m² son de fácil manejo y permiten el control perfecto de la alimentación. Además también influye positivamente en la producción de peces forraje de porte pequeño.

Manejo de juveniles/Producción de carne

El proceso de acondicionamiento de los alevinos al cultivo en cautiverio debe ser con extremo cuidado, pues se debe obtener ejemplares de calidad, libres de enfermedades y adaptados al alimento balanceado para su próxima etapa de cultivo. El manejo de juveniles se hace con la propuesta de una etapa de engorde para producción de carne en el proceso. Actualmente en la Amazonia Peruana, no existe una cadena productiva consolidada para esta etapa, sin embargo existen empresas privadas con tecnologías sostenibles que han logrado un crecimiento exponencial en la producción de carne. Los ejemplares juveniles Fig. 2) una vez ya adaptados al alimento balanceado, tienen un desarrollo homogéneo en peso y longitud, pudiendo llegar en 12 meses de cultivo un peso de 10kg (peso comercial) con una conversión alimenticia de 2.5:1. También se ha demostrado en cultivos intensivos la producción de 12 a 14kg en solo 10 meses de cultivo.



Figura 2. Juvenil de *arapaima gigas*, pueden llegar hasta los 10 kg en 1 año.



Durante esta etapa de engorde, el alimento es una variable costosa y muchas veces difíciles de conseguir (dependemos mucho de la materia prima producida en la capital, Lima). Los productores optan por el alimento forrajero, subproductos de pesca y otros productos. Sin embargo la alimentación con estos productos genera un desarrollo lento, pudiendo llegar en 10 a 12 meses de cultivo un peso de 4 a 6kg de peso. El problema en el uso de estos alimentos está en la inconsistencia de la calidad e imprevisibilidad de la oferta; en la dificultad de distribución del alimento; presencia de factores antinutricionales; los riesgos de problemas sanitarios, debido a la posibilidad de transmisión de parásitos en el tracto digestivo y la deficiencia de vitaminas y minerales esenciales para el Paiche. Entonces otorgar raciones nutricionalmente completas y de alta calidad es fundamental para un producto de calidad.

Actualmente Purina produce alimento para Paiche, siendo comercialmente el más utilizado por los productores. En Iquitos, funciona una planta de producción de alimento balanceado que, tiene mucha aceptación de los productores por la buena calidad de alimento que produce.

Para esta etapa de utiliza estanques de tierra de dimensiones grandes (5000 m²), o dependiendo del sistema de cultivo a utilizar, pudiendo ser corrales o jaulas. La tasa de alimentación va desde el 4% al 6% de la biomasa con un porcentaje de 45% de PB. La producción de carne de Paiche ha mostrado un crecimiento lento pero que se prepara para un futuro prometedor. Tan solo en el año 2004 se produjo 13,44 TN de carne de Paiche, para que al año 2011 se produjera 421,23 TN de carne de Paiche. En un 95% de la producción se encuentra una sola empresa, ubicada en la ciudad de Yurimaguas.

Perspectivas del cultivo de Paiche en la amazonia peruana

Los indicadores del cultivo de Paiche, en estanques y en jaulas flotantes, permiten avizorar posibilidades interesantes de desarrollo en la Amazonía peruana, tanto por la gran disponibilidad de ambientes acuáticos, como por la versatilidad de alimentación de la especie. Se requiere, sin embargo, la intensificación de la investigación en los aspectos nutricionales y reproductivos de esta importante especie, con el fin de definir una dieta que cubra sus requerimientos en las diferentes etapas de desarrollo y asegure el suministro sostenido de crías para el cultivo. La demanda creciente de productos alimenticios de calidad en el exterior y la existencia de demanda para los productos obtenidos del Paiche –principalmente en los países europeos– indica la necesidad de desarrollar una base productiva suficiente, que genere productos de calidad, con valor agregado para ingresar y mantenerse en ese mercado. Asimismo, es necesario mejorar los aspectos normativos para estimular la inversión, mejorando a la vez, la tecnología de cultivo, el procesamiento y la transformación de productos de este importante recurso.



Las ventajas comparativas que ofrece la región amazónica para la acuicultura deben ser adecuadamente aprovechadas para promover el desarrollo y mejorar las condiciones de vida de la población.

Conclusiones

La consolidación de estrategias en el ámbito productivo para esta especie es fundamental. Hasta hace poco en la amazonia peruana el principal cuello de botella era la producción de semilla, sin embargo hoy en día la producción por año es elevada. Aún así, esta producción aún no es manejada sosteniblemente, pues solo se espera a que los reproductores desoven. Se ha intentado con el uso de la reproducción inducida sin resultados alentadores. Un buen manejo de la calidad de agua, la alimentación, y el cuidado del estanque harán que los reproductores tengan condiciones para reproducirse todo el año. La colecta o levante de alevinos se hace cuando éstos tienen aproximadamente 7cm, difiriendo a la colecta de huevos o larvas que se realiza en Brasil, teniendo una producción de 10,000 a 15,000 crías en comparación a las 3,000 en promedio de Perú. Esta etapa de manejo de alevinos requiere de sumo cuidado, para producir ejemplares de calidad y libre de enfermedades. La producción sostenible de alevinos de Paiche contribuye también a la preservación de los estoques naturales, reduciendo así la pesca predatoria.

El uso de tecnologías sostenibles para el cultivo de peces amazónicos ha sido validado en muchas especies.

En el Paiche aún no se encuentra una cadena productiva finalizada, existen muchos cuellos de botellas que no se han podido resolver.

Excepto por los esfuerzos de los profesionales en el estudio de estrategias de producción de este pez, poco ha sido hecho para desenvolver y divulgar la tecnología de cultivo de esta especie y así fomentar la producción comercial. En contraste, empresas privadas vienen desarrollando proyectos de prospección y de investigación para consolidar su cadena productiva. Las políticas públicas sobre el recurso acuático denominado “Paiche” para acuicultura no son rígidas y se corre el riesgo de perder la hegemonía de la producción de esta especie.



Características físicas de los alimentos para Tilapia utilizados en Costa Rica

Vargas C.R

Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Apartado postal 429-2070.

E-mail: ruth.vargas@ucr.ac.cr

Resumen

El objetivo fue procesar los registros de análisis laboratorio de 123.959 muestras de alimentos para diversas fases de tilapia recopilados desde 2008 hasta 2011. Las determinaciones realizadas fueron el calibre del gránulo (largo mayor, diámetro mayor), porcentaje de finos, flotabilidad y humedad, corroboración del peso real y la persistencia de estos parámetros a través del tiempo. Es notorio el incremento en el tamaño máximo del pellet utilizado desde 5 x 5mm, durante 2008 hasta 8 x 8 mm en 2011. La mejora del registro de datos en 2011 permitió evidenciar en términos generales, que no existe una relación entre los parámetros con la época del año, asimismo el registro del porcentaje de proteína permite indicar que la mayor cantidad de alimentos procesados contienen niveles de 34 y 36%. Se concluye que la cartera de proveedores es la que determina los niveles de humedad y flotabilidad general $8,7 \pm 1,20$ y $91,51 \pm 11,57\%$ respectivamente. El porcentaje de finos determinado a lo largo del periodo se mantiene en un rango tal que hace pensar que por este factor no se incurre en pérdidas sustantivas de producto en los estanques. Sobre los parámetros flotabilidad y humedad encontrados se advierte un valor modal generalizado de 100 y alrededor de 8% respectivamente.

Palabras Clave

Flotabilidad, porcentaje de finos, alimentos para tilapia.

Introducción

Según Boyd (2005) y Jover (2012) a partir del control del Índice de Conversión se calcula la biomasa y de ésta según Jover (2012) las raciones, la planificación



del cardumen se hace el presupuesto de ventas y el análisis de los costos productivos. Por ello en la manufactura el control de las materias primas según FAO (2012), inicia en la molienda tal que el tamaño de la partícula se ajuste a estándares técnicos y sanitarios recomendados para cada especie y fase siendo que ambas condiciones (químicas y físicas) están ya normadas por ley según el Reglamento Técnico Centroamericano (2011).

Sin embargo en relación al tamaño del *pellet* o gránulo no hay ninguna normativa que obligue al industrial a garantizar que éste sea acorde a la fase productiva de la especie para la que se recomienda el producto, de ahí que la remarcación del tamaño del alimento que se hace en la garantía, obedece a factores asociadas al mercado (Nájera¹, 2012). Según Vargas (a, 2003) esto se evidencia en que 41% de las fórmulas inscritas para tilapia en Costa Rica fueron ofrecidas indistintamente para todos los estadios y además solamente un 23,53% de los alimentos indicaban el tamaño del gránulo.

Según Vargas (b, 2003) la investigación se hace en torno a la composición química antes que las características físicas; aunque a nivel práctico y acorde a la capacidad instalada de las granjas, éstas pueden ser determinadas *in situ* de forma expedita y a relativo bajo costo, según Cruz (1996). Lo anterior, sobre la base del control físico de la textura, la flotabilidad, la densidad, el tamaño de los gránulos, cantidad de finos y eventualmente la corroboración del peso de los productos.

Determinar dónde se originan los finos así como su control puede resultar complejo puesto que, aparte del propio proceso de manufactura, toda la manipulación a que es sometido el alimento puede originar el resquebrajamiento de los gránulos (Vargas, a. 2003; Boyd 2005) y con ello la formación de partículas inapropiadas para ser consumidas por los animales. Esto se ve influido además por la textura y el tamaño, ya que gránulos con baja o muy alta humedad son proclives a resquebrajarse. Igualmente gránulos muy pequeños o muy grandes asociados a la característica anterior sufren más con la manipulación.

Los finos se determinan pasando una muestra de peso conocido por una malla cuya luz debe ser menor a 1 mm (Cruz, 1996); sin embargo de forma más estricta, contempla la fracción de alimento de menor tamaño al declarado para la venta, por tanto, debe pasarse por varios tamaños de mallas para separar el alimento debidamente procesado de toda partícula no apta para el consumo. Según Toledo y García (1998) y Shi-Yen (2002) el tamaño apropiado del gránulo determinante en la alimentación de la tilapia y varía entre 1.5 y 10 mm. Otro factor a determinar, es el porcentaje de flotabilidad puesto favorece la estabilidad en el agua de los alimentos (Pantoja *et al.*, 2011). De manera práctica se espera que sea preferentemente superior al 90 % siendo su determinación tan sencilla como hacer flotar una muestra de 50 gránulos en 200 cc de agua según

2 Nájera M. 2012. Obligatoriedad de inscribir tamaño de gránulo en la garantía. San Pedro de Montes de Oca. Dirección de Alimentos para Animales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. Comunicación personal.



(Vargas a, 2003). En algunos laboratorios y empresas productoras de alimentos utilizan agua salada en la determinación. Lo importante es realizar la prueba siempre bajo las mismas condiciones. Esta característica está asociada a tamaño del gránulo, los más pequeños, elaborados para las etapas tempranas, tienden a presentar menor flotación por su mayor peso relativo en función del área de exposición y la eventual ruptura de la tensión superficial del espejo de agua. La densidad también se asocia al nivel de flotabilidad ya que es una relación entre el peso y el volumen de los alimentos (Guillaume *et al*, 2004). Se puede determinar a nivel de campo evaluando el peso que logra una muestra de 200 cc de alimento (Vargas a, 2003).

La humedad según FAO (2007) es un parámetro que depende de la cantidad inicial del alimento y aquella que puede adquirir posteriormente según la época del año, la región en la que se esté utilizando el alimento, las condiciones y el periodo de almacenamiento. Su control resulta de suma importancia para evitar el desarrollo de hongos, mantener la calidad microbiológica y evitar el incremento de finos cuando se manipulan los alimentos; asociado a que el mayor peso del gránulo provoca un mayor hundimiento. El contenido recomendado para reducir problemas de rancidez y manejo del alimento según Cruz (1996) debe ser menor de 12%, mientras que Toledo y García (1998) indican como máximo 12,5%.

Dadas las anteriores consideraciones se evaluaron los controles físicos registrados de los alimentos utilizados en una finca comercial de tilapias en Costa Rica, comparando el eventual impacto que tuvo la época del año específicamente en el nivel de humedad.

Materiales y métodos

El registro de datos contiene los resultados de análisis físicos de muestras de alimentos provenientes de bodegas de Aqua Corporación Internacional y fueron realizados en el laboratorio de dicha empresa, situada en Cañas, Guanacaste., Costa Rica.

Constituye una recopilación de 4 años (2008 a 2011) que contempla las variables de ingreso como: fecha de análisis, peso del producto, porcentaje de proteína, proveedor y calibre. Además incluye los análisis físicos realizados en el laboratorio de la empresa como: tamaño del gránulo (compuesto por diámetro y largo mayores), porcentaje de finos y flotabilidad. A partir del 2010 fueron incorporadas enmiendas en el registro de los resultados. La cantidad total de muestras analizadas por año así como las variables contempladas en este estudio se encuentran resumidas en la Tabla 1.

De forma que para el año 2008 se analizaron un total de 29153 muestras de 7 proveedores, en el 2009 se analizaron 29924 de 5 proveedores, en el 2010 se analizaron 31880 de 4 proveedores y en 2011 fueron analizadas 33002 muestras de 6 proveedores.



Tabla 1. Cantidad de muestras analizadas según año y tipo de análisis. Cañas, Costa Rica. 2008-2011.

| Tipo de análisis | Año | | | |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Porcentaje de humedad | 149 | 1126 | 1866 | 1246 |
| Tamaño del gránulo | 22245 | 29757 | 29724 | 32914 |
| Porcentaje de flotabilidad | 8792 | 12988 | 14519 | 12982 |
| Porcentaje de finos | 1701 | 1349 | 1473 | 1240 |
| Porcentaje de proteína | - | - | - | 14958 |

Los datos fueron procesados haciendo uso del programa Excel[®], calculándose los valores promedio y estándar de los parámetros por año y según fuente de datos. Luego se agrupó toda la información en dos épocas: aquellos meses comprendidos entre enero y julio considerados como época seca y, entre agosto y diciembre como época lluviosa en la región de influencia; para determinar si hubo efecto climático, especialmente por la humedad relativa.

En 2008 el almacenamiento y respectivo análisis de las 29.153 muestras comprende aspectos administrativos como fecha de análisis, proveedor, factura y orden de compra, así como la identificación de los productos, compuesta por cuatro dígitos correspondientes al proveedor, nivel de proteína, tamaño del gránulo y núcleo, mientras que los reportes de análisis están incluidos en una sola columna que indica cantidad de bolsones y/o quintales, igualmente esta situación corresponde a la corroboración de su peso, mientras que el diámetro mayor y largo mayor del gránulo, porcentajes de flotación, finos y humedad, se registraron en columnas separadas.

El total de alimentos analizados provino de 8 proveedores básicamente en dos presentaciones: bolsones cuyo peso promedio fue de $552 \pm$ kilos y quintales de $45,60 \pm$ kilos.

Según Arce (2004) y el Instituto Meteorológico (2012), junio, septiembre, octubre y noviembre son los meses más lluviosos en la cuenca del Río Cañas y Pacífico Norte respectivamente, zona de de influencia de donde provienen los datos, por lo que es posible intuir que por política se previó hacer esta determinación solamente en esa época para el año 2008. La bodega en donde fueron almacenados los productos es abierta y totalmente bajo techo y sigue un protocolo de almacenamiento según Cruz (1996).

Dado que el tipo de alimento referenciado comprende: fase, tamaño del *pellet*, nivel de proteína y núcleo fueron digitados bajo formato párrafo, se procedió a extraer el nivel proteico para asociarlo a las características físicas, según fase. A partir del 2010, la determinación del contenido de humedad y análisis de flotabilidad fue realizada con un número de muestras muy similar por mes, lo



que permite un grado de confianza en la respuesta del alimento con respecto a la flotación de los gránulos. En 2011 el laboratorio realizó otras enmiendas, puesto que el 100% de las muestras analizadas se registraron por doble partida, ya que a partir del registro del tipo de alimento en formato texto, se incluyó otra columna en la que se identificó en formato número el tamaño del alimento, haciendo uso de la nomenclatura comúnmente utilizada en acuicultura que sirve para identificar en el mercado esta característica, es decir: 00, 11, 22, etc. que significa 0x0 (polvo), 1x1, 2x2, mm de diámetro versus largo respectivamente. Se incluyó otra columna para especificar el nivel de proteína de la garantía. Se asoció además la muestra evaluada con el proveedor en forma numérica. Según lo descrito la metodología es sencilla, pero el muestreo debe realizarse con acuciosidad puesto que debe procurarse obtener muestras de varias partes porque, precisamente por el menor peso de los finos, tienden a depositarse en los niveles más bajos del bolsón o de aquella parte del saco que sirve de soporte en la esquiwa de los alimentos.

Resultados y discusión

Con respecto al análisis de humedad, se presenta la Tabla 2 que resume el nivel promedio de este parámetro. Para el año 2008, las muestras evaluadas corresponden únicamente a los meses de octubre, noviembre y diciembre. Según Cruz (1996) los porcentajes de humedad obtenidos se encuentran en el límite inferior dentro del rango óptimo (12%), en relación con la proliferación de hongos. Sin embargo alimentos que tengan dichos niveles almacenados por mucho tiempo y en condiciones de alta humedad pueden absorber agua del medio.

Tabla 2. Porcentajes promedio de humedad en el alimento según año. Cañas, Costa Rica. 2008-2011.

| Tipo de análisis | Año | | | |
|--------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Promedio porcentaje de humedad | 10,04±1,04 | 9,52±1,33 | 9,26±1,05 | 8,74±1,20 |

En relación a la eventual absorción de humedad del medio, de 2009 a 2011 se asoció el contenido de humedad en los alimentos a los periodos considerados en la zona como seco (enero a julio) o lluvioso (agosto a diciembre), determinándose en todos los casos variaciones muy pequeñas en la humedad reportada, según se indica en la Tabla 3. Asimismo no es contundente que el mayor contenido de humedad se presente en la época lluviosa; por lo que al

asociar la rotación del inventario en las bodegas se concluye que el tiempo de permanencia (5 días) coadyuva en los resultados.

Tabla 3. Promedio de humedad según época del año. Cañas, Costa Rica. 2008-2011.

| Tipo de análisis | Año | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Porcentaje de humedad época seca | | 9,67±1,28 | 9,37±0,26 | 9,05±0,15 |
| Porcentaje de humedad época lluviosa | 9,38±1,36 | | 9,12±0,21 | 8,07±0,23 |

Según se observa, por el contrario al considerar la evolución de esta característica desde 2008 hasta 2009, (Tabla 2) es notorio el decrecimiento del nivel de humedad conforme transcurrió el tiempo de evaluación. Se desconoce la política sobre esta situación en la que puede intervenir desde aseguramiento en la reducción de hongos, como mejorar la flotabilidad. Con respecto a las evaluaciones físicas se presenta la Tabla 4, donde en relación al tamaño del gránulo se presenta el rango, considerando que responden a todos los alimentos evaluados, mientras que la relación de estas medidas es el promedio general. Asimismo surgió la curiosidad de conocer cuáles fueron los alimentos más muestreados durante el periodo, por lo que se consideró que el valor modal del largo del pellet representa una forma de determinar esta incógnita, determinándose que en 2008 fue 8mm; 0,06 mm en 2009; 5,20 y 4,89 mm para 2010 y 2011 respectivamente, siendo que lo anterior obedecerá a políticas empresariales.

Tabla 4. Evaluaciones físicas realizadas en el laboratorio de la empresa. Cañas, Costa Rica. 2008-2011.

| Tipo de análisis | Año | | | |
|------------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 |
| Tamaño del gránulo (mm) | | | | |
| Largo mayor (mm) | 0,89 – 44,65 | 0,06 – 14,03 | 1,64 – 10,36 | 0,28 - 6,59 |
| Diámetro mayor (mm) | 0,26 – 13,6 | 0,43 – 11,99 | 0,71 – 12,54 | 0,07 - 6,92 |
| Relación Largo/Diámetro (mm) | 1,05±0,20 | 1±0,17 | 0,93±0,14 | 1,00±0,30 |
| Porcentaje de flotabilidad | 94,5±7,97 | 92,27±9,94 | 92,61±8,67 | 91,51±11,58 |
| Porcentaje de finos | 0,32±0,09 | 0,35±0,11 | 0,35±0,16 | 0,31±0,27 |



De acuerdo con FAO (b, 1989), los valores del diámetro y largo en corresponden a tamaños comunes encontrados en la mayoría de las fincas dedicadas al cultivo de tilapia, que van desde 0.5 hasta 4 mm, situación respaldada por Vargas (a, 2003) ya que en Costa Rica se ofrecen presentaciones de 0x0 (polvo o harina) 1x1, 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6 e incluso 8x8 mm.

De ahí que tamaños inferiores o superiores responden a pedido específico que hace la empresa de acuerdo al tamaño (fase) del pez cosechado, siendo lo importante según Vargas (a, 2003) que en la manufactura se obtengan *pellets* homogéneos para reducir la porción de la ración a la que los peces o no tienen acceso o su consumo es poco, sea porque no los ven o simplemente porque etológicamente prefieren consumir los que son apropiados al tamaño de su boca. Esto posee implicaciones ambientales según Cruz (1996) ya que cuanto menor es el tamaño del gránulo mayor será la cantidad de alimento pulverizado, sumado al hecho de porcentajes de desperdicio de hasta 80% correspondiente al alimento no consumido sumado al excretado, es decir que, del total de nutrientes suministrados, éstos pasan de una u otra forma al ambiente (Boyd, 1996; Buschmann, 2001).

En la relación largo versus diámetro del gránulo intervienen dos aspectos, por una parte, desde el punto de vista práctico, gránulos muy largos se pueden quebrar más y el pez no los consume bien y por otra, desde el punto de vista de manufactura, las nuevas técnicas han demostrado que una relación entre 0,7 a 0,9 permiten la mejor expansión de la masa, tal que se obtenga un 100% de flotabilidad según Sprout, (2009). Según los resultados la relación de estos parámetros es superior a lo recomendado, por lo que se puede relacionar como una de las causas de la desviación obtenida en el parámetro de flotabilidad en todos los años evaluados, mientras que el promedio general de los finos obtenido fue menor que el esperado en el laboratorio de un 2%; valor muy bajo al máximo recomendado, entre 3% a 5 % según Frame (1993) y 3% según Cruz (1996) lo que significa que los alimentos utilizados tuvieron una excelente calidad referida a esta condición y probablemente no repercutió negativamente en la flotabilidad registrada; si bien los resultados del contenido de humedad fueron inferiores al nivel recomendado según FAO (a, 1989) entre 10 a 12% a efecto de no favorecer el resquebrajamiento de los gránulos por falta de cohesión y absorción de agua, sea en la bodega y/o el estante, situación que en este estudio no se encontró.

Los proveedores que entregaron alimentos (bolsones de 551,94±2,75 y empaques de variado promedio de 29,06 ±13,08 kg) fueron 8, siendo que solamente a un 45% de los productos se le registró el porcentaje de proteína, del que se desprende que la mayor cantidad de esas muestras corresponde a alimentos de 34 y 36%.

Con base en los registros las muestras que fueron enviadas en mayor cantidad al laboratorio correspondieron al alimento 10 (30,51% del total), según FAO (b, 1989) su uso está en concordancia con tilapias hasta 5 gramos de peso, mientras que los alimentos 55 y 77 (30,57% y 21,79% respectivamente del total de



muestras) son destinados para animales de más de 250 gramos. Es decir que el 52,36% de las muestras analizadas son para animales en fase de engorde.

Al evaluar el contenido de proteína en los alimentos 10, 55 y 77, se determinó que el rango fue entre 26 y 40% de PC, contrario a lo esperado no fueron registradas muestras para animales en las primeras fases de desarrollo, esto es alimento 1x0, o 1x1 con alto contenido proteico, y para la fase de engorde (alimento 55 y 77) se registraron muchas muestras con contenidos de 34 y 36% de proteína cruda e incluso, si bien fue en poca cantidad (100 análisis de alimentos con 40%). Los registros indican algún grado de interés comercial en determinar el efecto de un alto contenido proteico en el desempeño de fases tardías de crecimiento. Sin embargo al evaluar el promedio del porcentaje de proteína de las muestras según el tamaño, se determina que efectivamente los alimentos utilizados están en concordancia con las recomendaciones generales de su uso, esto es entre 30 a 36% de manera general, según NRC (1993).

Al evaluar los porcentajes de humedad y flotabilidad versus los proveedores, se determinó que efectivamente es importante esta evaluación, ya que del 100% de las muestras enviadas al laboratorio, 23,39% se asocia a uno de ellos, cuyos resultados promedio fueron $89,08 \pm 7,43\%$ de flotabilidad y $9,21 \pm 1,03\%$ de humedad; mientras que 76,16% se asocian a un segundo proveedor cuyos resultados fueron $92,66 \pm 12,42$ y $8,68 \pm 1,12\%$ de flotabilidad y humedad respectivamente.

Conclusiones

Es notoria la importancia que tienen las especificaciones físicas en el rendimiento productivo de la empresa, siendo que con base en los resultados:

1. el registro de los controles debe facilitar agrupar los diferentes tipos de alimentos para sacar conclusiones pertinentes. Asimismo el muestreo debe favorecer la determinación de las calidades físicas particularmente de los proveedores que mayor impacto tienen en la producción.
2. se puede indicar que la calidad física en términos de la cantidad de finos de los alimentos usados en Costa Rica mantienen un patrón óptimo.

Referencias

- Arce, R. 2004. Resumen diagnóstico Cuenca Cañas-Lajas. Proyecto Redes Comunitarias para la Gestión del Riego. Costa Rica.
- Boyd, C. 1996. Manejo de suelo y de la calidad de agua en acuicultura de piscinas. Asociación Americana de Soya. Caracas, Venezuela. 62 p.
- Boyd, C. 2005. Buenas prácticas de manejo para el cultivo de Camarón. Proyecto: Prácticas de Desarrollo Sostenible en Ambientes Costeros de Prioridad de los Ecosistemas del Golfo de California Marinas Recreativas y Maricultura. The David




- and Lucile Packard Foundation. United States for International Development (Cooperative Agreement No.PCR-A-00-95-0030-05).
- Buschmann, A. 2001. Impacto ambiental de la acuicultura en el estado de la investigación en Chile y el mundo. Fundación Terram publicaciones.
- Cruz, P. 1996. Feed quality problems and management strategies. C.B. Santiago, R.M. Coloso, O.M. Millamena& I.G. Borlongan (Eds.).Feeds for Small-Scale Aquaculture. Proceedings of the National Seminar-Workshop on Fish Nutrition and Feeds (pp. 64-73). Tigbauan, Iloilo, Philippines: SEAFDEC Aquaculture Department.
- FAO 2007. Métodos sencillos para la acuicultura. Manuales de la Serie Colección FAO: Capacitación. Roma, Italia.
- FAO. 2012 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT).. Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura 2012. Roma, Italia.
- FAO. a.1989. La Nutrición y alimentación en la acuicultura de América Latina. Una Diagnosis. El problema de la industria de la alimentación en la acuicultura de América Latina.
- FAO. b. 1989. Nutrición y Alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Métodos de alimentación. Regímenes alimenticios y raciones. Manuales de la Serie Colección FAO: Capacitación. Roma, Italia.
- Frame, N. 1993. Pet and Aquaric feed production. Process description. Extrusion cooking systems worldwide. Submitted as a chapter in textbookextrusión Cooking. Edited by Neil Frame. New York, US. P 1-25.
- Guillaume, J; Kaushik, S, Bergot, P; Métailler, R. 2004. Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. 1ra. Ed., Ediciones Mundi-Prensa., Madrid.475 pp.
- Instituto Meteorológico Nacional Costa Rica.2012. Boletín meteorológico mensual agosto. ISSN 1654-0465. pp 31.
- Jover, M. 2012. Curso Nutrición Animal. On line. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- NRC. 1993. Nutrient Requirements of fish. National Academy Press. Washington, D.C. 115 pp.
- Pantoja, J; Sánchez, S; Hoyos, JL. 2011. Obtención de un alimento extruído para tilapia roja (*Oreochromis spp.*) utilizando ensilaje biológico de pescado. Rev.Bio.Agro vol.9 no.2.
- Reglamento Técnico Centroamericano. 2011. Productos utilizados en alimentación animal. Buenas prácticas de manufactura.RTCA.65.05.63:11.Consejo de Ministros de Integración Económica (COMIECO). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Alimentos para Animales.
- Shi-Yen, S. 2002. Tilapia *Oreochromis spp.* Nutrient requirements and feeding of fishing for aquacultures.Edited by C.D. Wibster, Aquaculture research center, Auburn, Alabama, UDD.p 440.
- Sprout A. SA. 2009. Los alimentos flotantes para peces evolucionan. Panorama Acuícola.
- Toledo, P.; García, C. 1998. Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe .Páginas 83 - 137 En: Civera Cerecedo, R., Pérez Estrada, C.J., Ricque Marie, D. y Cruz Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. La Paz, B.C.S., México.



- Vargas, R. a, 2003. Evaluación preliminar del método utilizado en la determinación de la flotabilidad de alimentos piscícolas. *Agronomía Mesoamericana*, 14 (2), pp 193-199.
- Vargas, R. b, 2003. Composición del mercado nacional de alimentos balanceados para tilapia en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 14(1).89-95.





**Recursos marinos,
pesca y
procesamiento**

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



Pepinos de mar: Aprovechamiento ecosustentable caso de estudio *Isostichopus badiotus* Selenka 1867

Tacoronte J.¹, Gavilánez F.¹, Carrillo I.¹, Granda A.¹, Monje I.¹, Cabrera M.T.²

¹Centro de Biología, Universidad Central del Ecuador, Quito, Proyecto Prometeo, Ecuador.

²Fac. de Ingeniería Agropecuaria y Alimentos. Universidad de las Américas, UDLA, Quito, Ecuador.

E-mail: jetacoronte@yahoo.com

Resumen

Desde la antigüedad, el “pepino de mar” ha constituido una fuente alimentaria exótica y terapéutica natural en el Oriente. La especie *Isostichopus badiotus* Selenka 1867, se comercializa, con fines alimentarios, en Cuba y otras regiones del Caribe desde 1998. Los especímenes que no reúnen las características para su comercialización son tratados mediante procedimientos de extracción, aislamiento, separación y modificación estructural a escala de laboratorio y, aplicando una filosofía de tipo *green chemistry*, sustentada en bioensayos específicos, permite generar nuevas entidades farmacológicas y bioplaguicidas potenciales.

Palabras clave

Pepinos de mar, extractos, actividad biológica

Introducción

Los pepinos de mar u holoturias, son animales exclusivamente marinos, pertenecientes al phylum de los Equinodermos. El grupo está constituido predominantemente por formas bentónicas, y pocas especies pelágicas según Pérez-Rusafa y Marcos-Diego (1985).

Hábitat y distribución

Los pepinos de mar incluyen unas 2000 especies (Conde, 1997; Forbes *et al.*, 1999), solitarias o gregarias. Están distribuidos en todos los océanos y

profundidades, constituyendo más del 90% de la fauna abisal. Estos organismos son abundantes en las regiones de arrecifes coralinos (1,20-12 m) de aguas tranquilas, en fondos donde se descomponen fanerógamas, *thalasia* según Castelo *et al.* (2002), y mangles. Algunas especies habitan a más de 5000-6000 m de profundidad (género *Pelagothuria*) según Conand (2004) y alcanzan densidades poblacionales de hasta 70 individuos por metro cuadrado (Sloan y Bondungen, 1980). El tamaño de las holoturias varía desde unos pocos centímetros hasta más de 1 metro de longitud (*Holothuria tomasi* y *Stichopus sp.*), y 15-24 cm de diámetro. Las especies comestibles alcanzan los mayores tamaños, entre 40-50 centímetros. Se alimentan de sedimentos y detritus (Alfonso *et al.* 2000 y Sambrano *et al.*, 1990) y poseen interés geológico según Caycedo (1978). Una de las especies que más se comercializa, *Isostichopus badiionotus* Selenka 1867, Fig.1, se encuentra desde las Bermudas, hasta el Golfo de Guinea, y con frecuencia en aguas someras y de fondos fango-arenosos del Caribe, asociados a las praderas de fanerógamas marinas según Toral-Granda *et al.*, (2004).

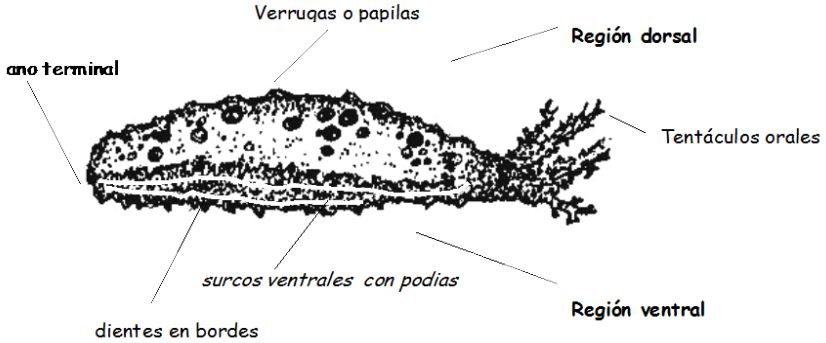


Figura1. Pepino de mar (*Isostichopus badiionotus* Selenka 1867) en su hábitat natural.

Características biológicas de los pepinos de mar

Su cuerpo es cilíndrico con la boca y el ano situados en lados opuestos y dorsales. Es característica la presencia de una corona entre 10 y 30 tentáculos retráctiles alrededor de la boca que varían en forma y longitud, con valor taxonómico, y ayudan al animal a extraer la materia orgánica de la arena, Fig.2. Las holoturias se diferencian por una gran variabilidad de colores y tamaños. La pared del cuerpo presenta una epidermis no ciliada, cubierta por una cutícula delgada. Las características de la superficie corporal dependen de la especie de que se trate.





Vista dorso-ventral de un "pepino de mar".

Figura 2. Vista dorso-ventral de un "pepino de mar".

La dermis, más gruesa, que confiere el aspecto duro y áspero, incluye espículas calcáreas microscópicas que constituyen su endoesqueleto, de importancia especial para la taxonomía según Conand (1990), y se sustenta en músculos longitudinales y circulares que aseguran una rigidez relativa y la movilidad del cuerpo. La especie *Isostichopus badionotus* Selenka 1867, en la zona ventral presenta tres hileras de podías en la región ambulacral, y dos en la dorsal. El sistema digestivo ocupa casi todo el volumen del cuerpo, Fig. 3 y Fig. 4.

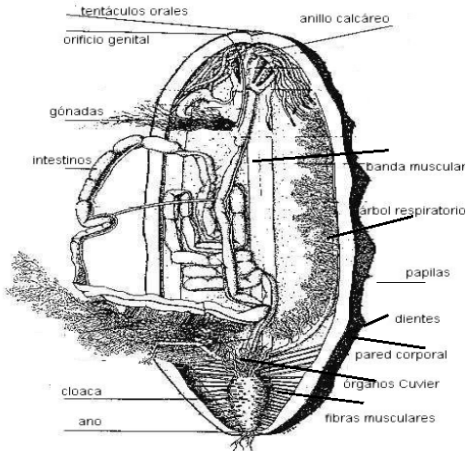


Figura 3. Morfología interna de un "pepino de mar" (Conand, 1990).



Figura 4. Vista de los órganos internos del “pepino de mar” (*Isoistichopus badionotus* Selenka 1867), fotografía personal.

Presentan una estructura respiratoria ramificada longitudinal y 5 bandas musculares en forma simétrica penta-radial longitudinal. Pueden presentar o no, el *órgano de Couvier*, el cual contiene diminutos túbulos con una sustancia de efecto paralizante, que vierten en situaciones de estrés o ante perturbaciones.

Importancia ecológica

Son elementales en la cadena trófica del mar ya que sus larvas benefician a planctófagos (Conde 1996 y Mercier *et al.*, 2003) y los individuos adultos pueden ser devorados por estrellas de mar, cangrejos, langostas y tortugas. Las holoturias son agentes ecológicos importantes en los ecosistemas marinos ya que reciclan el sustrato béntico marino y contribuyen al desarrollo de los fondos destruyendo la estratificación y reestructurando la comunidad béntica. Sus excretas pueden contener hasta el doble de nitrógeno que el sedimento circundante, procesando hasta 120 g diarios de sedimento según Ferdouse (1999).

Reproducción

Estos animales son dioicos o hermafroditas y no presentan diferenciación sexual. Poseen un orificio genital o gonoporo, en la región anterior cercana a la boca, por el cual liberan los productos sexuales a la columna de agua. Tienen una sola gónada en la parte anterior del celoma (*carácter primitivo*) ubicada a 2 ó 3 cm desde la boca. En general, las gónadas de los machos son de colores blanquecinos, pequeños y arborescentes; en las hembras son de color crema hasta naranja, de forma tubular. En la época del desove responden a estímulos por variaciones de temperatura y la concentración de microalgas en la columna de agua, que estimulan a los machos a la liberación de espermatozoides en forma de



eyecciones blanquecinas, que a su vez, estimula la liberación de óvulos (hasta 1 millón de ovocitos) por las hembras, según Verrier (1995). La mortalidad en medio natural puede alcanzar hasta el 98%.

Usos culinarios

Más de 30 especies de pepinos de mar son comerciales. Estas especies poseen propiedades nutritivo-tonificantes y medicinales reconocidas. Los músculos de algunos pepinos de mar, hervidos y secados, se consumen, tradicionalmente en comunidades costeras orientales, según Sjev van Eys (1995). A través de un proceso de cocción y de secado, se logra que sus cuerpos se contraigan y engruesen después de la remoción de los órganos internos, obteniéndose el producto llamado “*trepang*” (forma en que se comercializa el pepino de mar). Los datos nutricionales se detallan en tabla 1.

Tabla. 1 Valores nutricionales de *Isostichopus badionotus* Selenka 1867.

| Índices | Media | Sd |
|----------------|-------|------|
| Proteínas | 50.16 | 2.02 |
| Humedad | 9.66 | 0.19 |
| Ceniza Total | 34.63 | 1.59 |
| Ceniza Soluble | 27.61 | 7.84 |
| Grasa | 3.42 | 0.87 |

Se aprovechan sus intestinos limpios y semi-fermentados, Fig. 5. Una ración de “tripas” puede valer hasta \$80.00. La hueva-seco-pardo-dorada de ciertas especies puede alcanzar hasta \$246.00 usd/ Kg, en el mercado mayorista del Japón o TSUKIJI, según Vannuccini (2004).



Figura 5. Expulsión de las vísceras que puede ser un plato exquisito y al mismo tiempo constituye un medio de defensa ante depredadores.

Mercado de los pepinos de mar

Este recurso constituye una fuente importante de ingresos a muchos pescadores del área Indo Pacífica donde durante el siglo XX 15 países produjeron alrededor de 3000 toneladas por año. Los principales mercados de pepino de mar son dominados por Hong Kong, que importa, exporta y re-exporta este producto en forma seco-salado. Corea, Singapur y la región Indo Pacífica tienen un peso importante en dicho mercado. En la década de los 80's se capturaron 13 000 t anuales, con el incremento hasta 23 400 t en el año 2000. Después del 2000-2005 se ha incorporado África, Europa, Norte y Sur América según *Wild World Life Secretariat* (2002), al mercado productivo de pepinos de mar.

Las prospecciones en zonas de la plataforma insular o continental deben valorar el potencial de captura de especies de interés comercial y desarrollar un estudio de factibilidad económica para el aprovechamiento racional y obtención del pepino de mar seco, con tallas mínimas de captura, vedas reproductivas y reservas naturales para la conservación, pescas graduales y uso sostenible de las poblaciones. Los precios oscilan entre \$ 2.00, \$9.00 y \$36.00 usd. /Kg, de acuerdo a la especie, la época del año y en dependencia de la forma de presentación del producto final. Los precios más altos han sido reportados para *Apostichopus japonicus*, a más de \$400.00 usd./Kg, en China. A escala de Ecuador se han desarrollado estudios preliminares para evaluación de capacidades en la zona Galápagos y Guayas. Actualmente, en colaboración con el CICA de Pichincha, se valoran las posibilidades de desarrollar pequeñas empresas de aprovechamiento de residuales pesqueros y colectas de pepino de mar en la zona económica costera de Manabí.

Procesamiento y obtención del producto final

La forma de captura y colecta es por buceo o arrastre y conservación-tratamiento preliminar en viveros en embarcaciones pesqueras. La forma general de comercialización es seco-salado. Este producto se divide en dos clases o grupos. La Clase A con un valor de \$22 000 usd/tonelada y la Clase B, a \$10 000 usd/tonelada. Los individuos no comercializables son desechados. Una vez eviscerados, los pepinos se trasladan a un recipiente con salmuera. Se hierven por 45 minutos, Fig. 6, se escurren y se realiza la primera selección de calidad. Se transfieren a recipientes donde son ordenados y cubiertos por capas de sal común o se introducen en salmuera por espacio de 24 horas. Se hierven por segunda vez durante 15 minutos, pero en agua dulce. Se escurren nuevamente, y se colocan en largas tarimas con mallas y se extienden al sol, por varios días. Para acelerar el proceso de secado se aplica aireación, hasta la obtención del producto final que es el pepino seco. Estos se envasan en sacos de 25 Kg de capacidad y se destinan a su comercialización en Hong Kong, China o Corea, Fig.7.





Figura 6. Proceso de cocción del pepino de mar (fotografía personal, 2009).

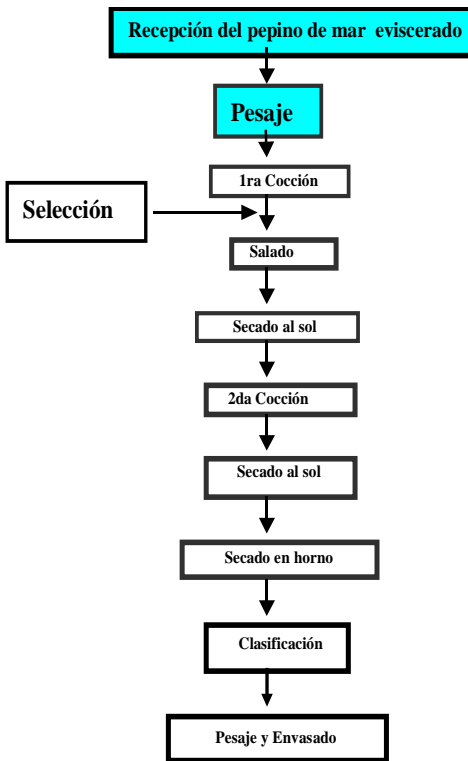


Figura 7. Proceso tecnológico para la obtención del pepino de mar seco. Con fondo azul se destaca la etapa del proceso donde se genera la materia prima (Pepinos de mar desechados) para la extracción de principios activos.

Estructuras y Potencial Aplicabilidad químico-farmacéutica de extractos de holoturias (tabla 2).

Tabla 2.- Relación principio activo-estructura-actividad para diferentes especies de holotúridos.

| Especie | Glucósido | Estructura | Actividad |
|------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| <i>Cucumaria frondosa</i> | Frondotsido A | Oligoglicósido triterpénico (holostano) | Inmuno-modulador |
| <i>Cucumaria echinata</i> | Cucumarioquinósidos: A, B, C, D, E, F | Glucósido sulfato triterpénico tipo holostano | Antifúngicos y anti-protozoarios. |
| Especie | Glucósido | Estructura | Actividad |
| <i>Actinopyga mauritiana</i> | Dehidroquinósido B | | Antifúngico |
| <i>Holoturia atra</i> | <i>ídem</i> | | <i>ídem</i> |
| <i>Holoturia scabra</i> | <i>ídem</i> | | <i>ídem</i> |
| <i>Holoturia axiologa</i> | <i>ídem</i> | | <i>ídem</i> |
| <i>Cucumaria japónica</i> | Cucumariaxantina C | | Antiviral |
| Orden Dendrochirotida | Glucósido triterpénico | Presentan grupos sulfatos, o-metil-glucosa y grupos ceto | Actividad hemolítica vs. eritrocitos y pérdida de potasio |

Estos equinodermos constituyen una fuente potencial de recursos biomédicos con propiedades farmacológicas singulares según Kumar *et al* (1991), surgiendo mercados adicionales para nuevas entidades farmacéuticas y sus formulaciones. Los productos extraídos de estos organismos poseen actividad anti-fúngica y presentan acción anti-artrítica, anti-ulcerante (Hiroo, 2001 y Collin 1999), y anti-cancerígena según Faulkner (2000a y 1996b). Algunos de los glucósidos esteroidales, metabolitos típicos en estos organismos, se emplean para regular poblaciones de insectos a través de la inhibición del ciclo de Krebs según Bongiorno (1996).



El estudio de los productos naturales aislados a partir de holoturias, constituye hoy uno de los campos fascinantes de la ecología química. La aplicación de una visión tipo *green chemistry* o química sustentable permite optimizar los procedimientos de extracción, aislamiento, purificación y elucidación estructural de metabolitos bioactivos con útiles propiedades farmacológicas y agrícolas. Estos metabolitos son utilizables en calidad de fármacos, pro-fármacos, bioplaguicidas y precursores sintéticos de gran versatilidad. La optimización de los métodos de tamizaje biológicos y computacionales, permite la creación de bibliotecas de moléculas reales (metabolitos secundarios aislados) y su utilización como punto de partida para optimizar y evaluar las propiedades biológicas mediante la modificación química y estudios QSAR. La variedad estructural de las sustancias aisladas se corresponde con la variación biológica de los holotúridos, Fig. 8. En estas especies se presentan nuevas saponinas y sapogeninas, glucósidos triterpénicos con grupos sulfatos, todos extraídos a partir de los órganos de Cuvier de estos organismos. Estos compuestos presentan propiedades biológicas como antifúngicos, antitumorales, anti-protozoarios, biocidas en general, y un gran espectro de actividad antiviral no solo a nivel de bioensayo sino ya a nivel de formas farmacéuticas tales como: inyectables, supositorios, y tabletas, específicamente inhibidor de reverso transcriptasa VIH (Silchenko *et al.*, 2002; Maier *et al.*, 2001; Miyamoto *et al.*, 1990) con perspectivas reales en el tratamiento contra esta pandemia y también frente al tratamiento de HSV (Maier *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2004; Avilov *et al.*, 2000a, 1998b, 1997c; Collin, 1999; Miyamoto *et al.*, 1992a, 1990b; Avilov *et al.*, 1998; Rodriguez *et al.*, 1991; Beutler *et al.*, 1993).

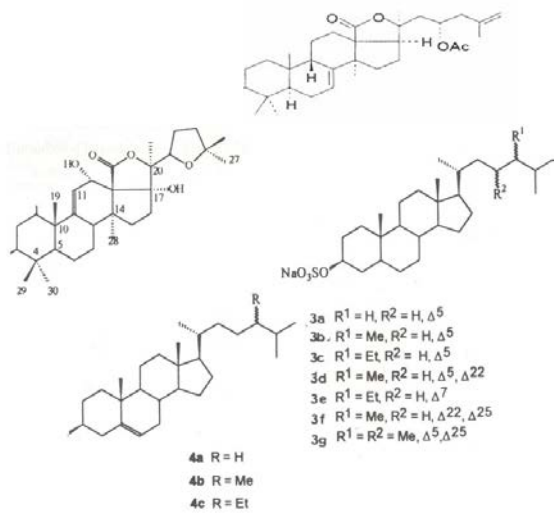


Figura 8. Triterpenos responsables de las propiedades biológicas reconocida en los extractos de Holoturias. Estos compuestos se encuentran unidos a polisacáridos constituidos por monosacáridos de tipo: xilosa, quinoviosa, galactosa y glucosa.

El método de aislamiento, extracción y elucidación estructural de estos compuestos se detalla en la Fig. 9:

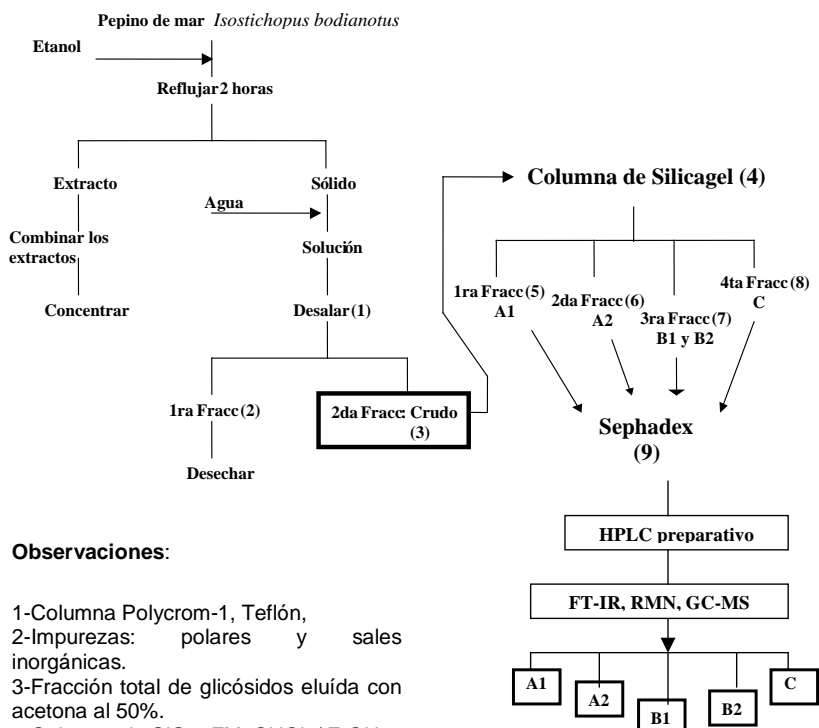


Figura 9. Diagrama de flujo para la obtención de principios activos a partir de pepinos de mar.

Hacia la búsqueda de nuevos agentes antifúngicos

Los pepinos de mar que han sido desechados contienen: mucopolisacáridos; polisacáridos, péptidos, gangliósidos, sulfatos de esteroides, glicósidos triterpénicos y esteroidales, ácidos grasos y triglicéridos. Este crudo se somete a tamizajes biológicos con bacterias y hongos patógenos. De esta manera se biodirige el estudio hacia la fracción que presenta la/s sustancia(s) en cuestión. Esta es purificada por métodos cromatográficos hasta la obtención de un



derivado mayoritario (>70%) que es re-purificada por HPLC y sometido a análisis por métodos espectrofotométricos de tipo FT-IR y UV que permiten la determinación de grupos funcionales presentes en la molécula aislada. La masa molecular es determinada por MS o por GC-MS. Posteriormente, a través de técnicas de RMN-¹³C, y RMN-¹H se determinan el total de carbonos que contiene la molécula, su naturaleza (CH₃, CH₂, CH, C cuaternario, C-X) y el acoplamiento entre ¹³C-H determinándose la naturaleza de los fragmentos moleculares y los detalles estereoquímicos. De esta manera queda hallada la estructura del metabolito.

El extracto hidro-alcohólico obtenido a partir del procesamiento con fines culinarios y comerciales del *Isoetichopus bodianotus* Selenka 1867 presenta actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos Clase Euscomycetes (técnica de envenenamiento del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) y contra varios patógenos humanos, Fig. 10, y Tabla 3).

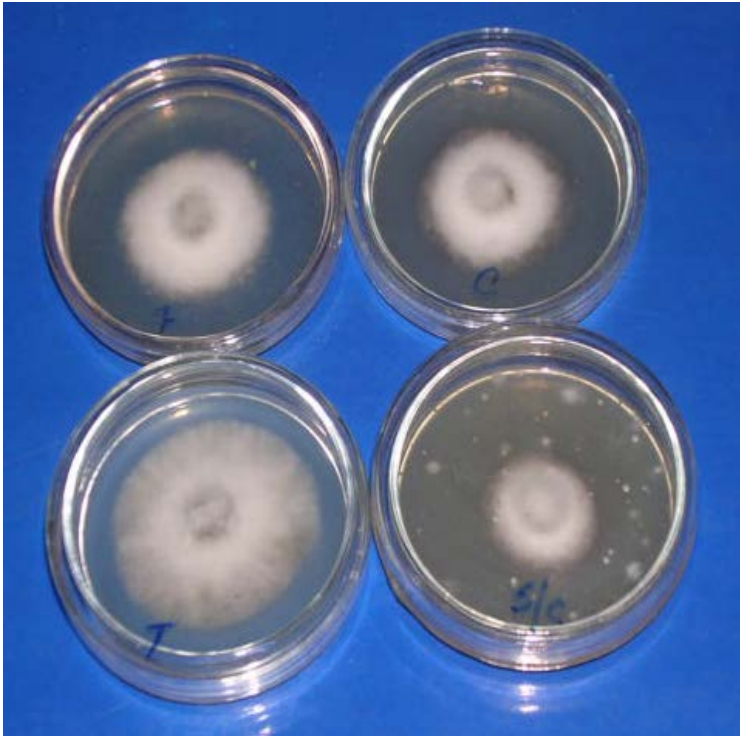


Figura 10. Inhibición del crecimiento micelial de hongos Clase *Euscomycetes*. T: es testigo sin tratamiento alguno. S/C: muestra la significativa inhibición micelial (50% de inhibición) del residual hidroalcohólico. F: Residual filtrado sobre fritada de 0,22 μm. C: Sobrenadante del residual posterior a su centrifugación.

Tabla 3.- Evaluación Toxicológica *in vitro* del residual tal y como se vierte al medio ambiente (al océano) para diferentes agentes patógenos.

| Patógeno | Dosis Toxicológica $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
|-----------------------------------|--|
| <i>Fonsecae pedrosoi</i> | MIC = 6,0 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Candida albicans</i> | MIC = 16,7 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Microsporium gypseum</i> | MIC = 78,0 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Microsporium canis</i> | MIC = 56,3 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Trycophyton mentagraphytes</i> | MIC = 27,0 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Epidermophyton floccosum</i> | MIC = 68 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Trycophyton rubrum</i> | MIC = 6,25-1,56 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Aspergillus niger</i> | MIC = 16,7 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | MIC = 2,78 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Bacillus subtilis</i> | MIC = 78,5 $\mu\text{g} / \text{mL}$ |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Mayor de 100 |
| <i>Escherichia coli</i> | Mayor de 100 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Mayor de 100 |

A partir de los estudios realizados con la especie *Isostichopus badionotus* Selenka 1867 se ha descubierto una sustancia ambarino-amarillenta (263°C ; 54,80 % de carbono y 8,66 % de hidrogeno), aislada a partir de residuales hidroalcohólicos, con significativa acción fungicida contra hongos patógenos y fitopatógenos de la clase *Euscomycetes*, según Tacoronte *et al* (2005, 2006). Esta sustancia reacciona con el reactivo de Lieberman-Burchard para detección de esteroides y triterpenos esteroidales sustituidos con grupos hidroxilos y lactonas. La hidrólisis ácida de esta sustancia (ácido sulfúrico 5-15 % y extracción con diclorometano) genera derivados que al ser tratados mediante aspersión con una solución anilina/ácido fosfórico (manchas de color rosa-violeta en condiciones de CCD, Silicagel F₂₅₄, fase móvil Butanol/ Agua / Etanol 7:6:2 v/v) revelan la existencia de azúcares en su composición más un núcleo esteroideal y/o triterpénico (holostano con sustituyentes oxigenados).

Conclusiones

Los pepinos de mar (holoturias) que el hombre explota con fines gastronómicos, pueden constituir una fuente ecológicamente sustentable, tanto para usos culinarios, como para la obtención de metabolitos secundarios biológicamente activos. La Holoturia de la especie *Isostichopus badionotus* Selenka 1867 con gran distribución geográfica, presenta una singular actividad biológica que la convierte en un recurso sostenible para la generación de nuevas entidades químicas de naturaleza glicosídica esteroideal-holostánica con potenciales



aplicaciones farmacológicas y agroquímicas. Esta estrategia puede aplicarse a otras especies en condiciones sustentables y mínimo impacto ecológico

Agradecimientos

-Centro de Biología de la Universidad Central del Ecuador
 -Proyecto Prometeo-SENESCyT de la República del Ecuador

Referencias

- Alfonso, I., M.P. Frías, M. Vilaragut, I. Téllez, J. M. Morales y C. A. Reyes. 2000 “XIII Fórum Ciencia y Técnica”. CIP. Cuba 13 pp. 3t.
- Conde J. 1997. *Ciencia Hoy.*, Vol. 7(39), www.cienciahoy.org.ar, 12.10.2006; b) Forbes, R., Ilias, Z., Baine, M., Choo, P. S. and Wallbank, A. 1999. A taxonomic key and Field Guide to the Sea Cucumbers of Malaysia. Pub. Heriot-Watt University., 62p,
- Castelo, R., I., Alfonso, M.P. Frías y L. Aleaga. 2002 Procedimiento Operacional Técnico para el procesamiento del pepino seco. 17 pp Centro de Investigaciones Pesqueras, XIV Forum ce Ciencia y Técnica. Cuba.
- Conand, C. 2004. Workshop on the conservation of sea cucumbers, Kuala Lumpur, 16 p.
- Pérez-Rusafa, A. y C. Marcos-Diego. 1985. *An. Biol.*, 3, D, 13-15.
- Sloan, N.A. y B. Bondungen, 1980, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol (2):257-264.
- Sambrano A., H. Díaz y J. Conde. 1990. *Caribbean J. Science.* Vol. 26(1-2), 45-51.
- Caycedo, I. E. 1978. *An. Inst. Inv. Mar. Punta Betín.*, 10:149-198.
- Toral-Granda, M.V. & P. Martínez Lovatelli, A. 2004 Advances in sea cucumber aquaculture and management. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 463. Rome, 457p.
- Conand, C. 1990. *FAO Fish. Tech. Paper.*, 2, 272. Rome. FAO 143 pp.
- Conde J. 1996. *Ciència Hoje.*, 20, 117:36-42.
- Mercier, A. and Hamel J.-F. 2003. SPC. *Beche-de-mer Information Bulletin*, 18 – May.
- Ferdouse F. 1999. *INFOFISH*, 1, 25-29
- Verrier. R. 1995. *Mar y Pesca.*, 306:34-35. ISSN- 0025-2735.
- Sjef van Eys. 1986. *Infofish Marketing Digest*, No. 5:41-52.
- Vannuccini, S. 2004. Sea Cucumbers. Workshop on advances in sea cucumber aquaculture and management (ASCAM), Dalian, China, 14-18 October, 2003, FAO, Rome, Italy.
- Wild World Life Secretariat. 2002, December, CoP.12 Doc.45
- Kumar, BA; Sarojini, R; Nagabhushanam, R. 1991. Bioactive compounds from marine organism. Indo United States symposium, 121-128.
- Faulkner D. 2000. *J. Nat. Prod.Rep.*, 17, 7; b) Faulkner D. 1996. *J. Nat. Prod. Rep* 13, 75,.
- Bongiorni L. 1996. *Chem. Ind.*, 74, 54.
- H. Hiroo, 2001. *European Patent Application*, No. 0495116.
- P. D. Collin, 1999. *U.S. Patent*. May, 2, No: 4,876,762.
- A. S. Silchenko, et al., 2002. *J. Nat Prod.*, 26.
- T. K. Miyamoto, et al., 1990. *Liebigs Ann. Chem.*, 453-460.

- M. S. Maier, *et al.*, 2001. *J. Nat. Prod.*, 64, 732-736.
S. L. Zhang, *et al.*, 2004. *Mar. Drugs.*, 2, 185-191.
S. A. Avilov, *et al.*, 2000. *J. Nat. Prod.*, 63, 65-71.; S. A. Avilov, *et al.*, 1998. *Can. J. Chem.*, 76: 137-141.; S. A. Avilov, *et al.* 1997. *J. Nat. Prod.*, vol. 60, 8.
P. D. Collin, 1999. *U. S. Patent*. Nov. 16, No: 5,985,330.
T. K. Miyamoto, *et al.*, 1992. *J. Nat. Prod.*, vol.55, 7.
J. Rodriguez, *et al.*, 1991. *Tetrahedron*, vol. 47, 26, 4753-4762.
J. A. Beutler, *et al.*, 1993. *Antiviral Chem & Chemoth.*, 4(3), 167-7
J. E. Tacoronte, *et al.*, 2005. No. S-Patente: 2005-0236.
J. A. Mesa, J. E. Tacoronte, A. Frías, 2006. No. S-Patente: 2006-0179.
J. A. Mesa, J. E. Tacoronte, A. Frías, 2006. No. S: 2006-0178.



Talla inicial de madurez sexual (T_{im}) y/o talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$) – medida de manejo pesquero para el poliplacóforo *Chiton (Chiton) articulatus*: caso de estudio

Quetzalli Yasú Abadia-Chanona¹, Omar Hernando Avila-Poveda^{2*}, Marcial Arellano-Martínez¹, Bertha Patricia Ceballos-Vázquez¹, Luis Miguel Flores-Campaña², Xchel Gabriel Moreno-Sánchez¹, Jorge Saúl Ramírez-Pérez²

¹Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). Av. Instituto Politécnico Nacional s/n, Col. Playa Palo de Santa Rita, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México.

²Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Facultad de Ciencias del Mar (FACIMAR). Paseo Claussen s/n, C.P. 82000, Mazatlán, Sinaloa, México.

*CATEDRA-PATRIMONIAL CONACYT.

E-mail: q_yach18@yahoo.com.mx; oavila@uas.edu.mx

Resumen

La edad/talla de madurez sexual (TM) es la base para establecer una talla mínima de captura (TMC) como medida de manejo pesquero de un recurso. El poliplacóforo *Chiton (Chiton) articulatus*, es un recurso altamente explotado que requiere de regulación pesquera a lo largo de la costa del Pacífico mexicano. El objetivo de este estudio es proporcionar la base biológico reproductiva de la talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$) y la implementación del término talla inicial de madurez sexual (T_{im}) de *C. (C.) articulatus*, tomando como base el análisis histológico de la gónada y varias variables biométricas. La estimación para la T_{im} fue de 17 mm de longitud total (LT), incluyendo el cinturón del manto) para machos y de 32 mm LT para hembras. Las $T_{m50\%}$ estimadas por variable biométrica para ambos sexos fueron de 55.72 mm LT, 51.39 mm de longitud de la concha (LC, sin el cinturón del manto), 33.43 mm de ancho total (AT, incluyendo el cinturón del manto), 26.91 mm de ancho de la concha (AC, sin el cinturón del manto) y 11.88 g de peso corporal total (PT). Con estos resultados se proporcionan los criterios para establecer una talla mínima de captura basada en diferentes variables biométricas y estadios de vida; contribuyendo de esta forma al desarrollo de la talla mínima de captura (TMC) como medida de manejo pesquero para el quitón *C. (C.) articulatus*.



Palabras clave

Edad/talla de madurez sexual, primera madurez sexual, talla mínima de captura, quitones, cucaracha de mar, histología, Mollusca.

Abstract

The age/size at maturity (TM) is the basis to establishing a minimum catch size (TMC) as a measure of fishery management of a resource. The polyplacophoran *Chiton (Chiton) articulatus*, is a highly exploited resource that requires fishery regulations along the Pacific coast of Mexico. The aim of this study is to provide the reproductive biological basis of the size at maturity ($T_{m50\%}$) and the implementation of the term Initial Size at Maturity (T_{im}) of *C. (C.) articulatus*, based on histological analysis of the gonad and several biometrics variables. The estimation of T_{im} was 17 mm in total length (TL that includes the mantle girdle) for males and 32 mm TL for females. The $T_{m50\%}$ estimated by biometric variable for both, male and female combined were 55.72 mm TL, 51.39 mm of shell length without the mantle girdle, 33.43 mm of total width that includes the mantle girdle, 26.91 mm of shell width without the mantle girdle, and 11.88 g of total body weight. With these results the criteria for establishing a minimum catch size based on different biometric variables and early life stages are provided; thereby contributing to the development of the minimum catch size as measure of fishery management of for the chiton *C. (C.) articulatus*.

Key words

Age/size at maturity, first sexual maturity, minimum catch size, olyphacophoran, Sea Cockroach, histology, Mollusca.

Introducción

Los rasgos de historia de vida se centran directamente hacia la supervivencia y reproducción (Stearns 1992, 2000), donde la “madurez sexual” (en edad y talla) es un rasgo fundamental que conlleva beneficios y costos (Stearns 2000). La edad/talla de madurez se optimiza cuando las diferencias positivas entre los beneficios y costos de alcanzar la madurez a diferentes edades y tallas son máximas para la especie (Stearns 2000).

Al ser un rasgo fundamental en la historia de vida de una especie es importante conocer la edad/talla de madurez de una población, más aún porque es un parámetro importante para el manejo pesquero. Sin embargo, se han utilizado diversos símbolos (e.g., t_m , t_{m50} , TM, TMS), nombres (e.g., primera madurez



sexual, madurez sexual, media de madurez, maduración masiva) e incluso diferentes maneras de estimarla (Ragonese y Bianchini 2014) que han generado confusiones conceptuales.

En muchos casos el término “madurez” se utiliza para designar el grado de madurez de la gónada (estadios de maduración gonádica); mientras que el término “madurez sexual” se refiere a la capacidad para llevar a cabo la reproducción (Holden y Raitt 1975). Considerando la madurez sexual, la vida de un individuo puede dividirse en dos fases o grupos de madurez, los que están en preparación (sub-adultos) y los que se incorporan al stock reproductivo (adultos) para cumplir con el ciclo reproductivo (Stearns 1992, Ramirez-Llodra 2002).

Para evaluar los rasgos de historia de vida del quitón *Chiton (Chiton) articulatus* desde el punto de vista de la biología del desarrollo de los pre-adultos (*i.e.*, subjuvenil, juvenil, subadulto), en este trabajo proponemos incluir el término “Talla inicial de madurez sexual (T_{im})”. La T_{im} se define como la talla a la cual un organismo produce por primera vez en su vida (durante el **estadio JUVENIL-SUBADULTO**) un lote de gametos maduros después de que las gónadas pasaron por el proceso de diferenciación sexual (Coe 1944, Avila-Poveda y Abadia-Chanona 2013). Mientras que desde el punto de vista de la biología pesquera, proponemos usar el término “Talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$)” definida como la talla a la cual el 50% de los individuos de un stock (**estadio de vida ADULTO**) están reclutados eficientemente a la reproducción (Stearns 1992).

El poliplacóforo *C. (C.) articulatus* Sowerby en Broderip y Sowerby, 1832, conocido como “cucaracha de mar” o “lengua de perro” se distribuye geográficamente en la costa rocosa del Pacífico mexicano, y es una especie con una alta pesquería “artesanal” informal y que no cuenta con regulación pesquera (Olea-de la Cruz *et al.* 2013). Es por ello que en este trabajo estamos dilucidando mediante análisis histología de la gónada junto con diferentes variables biométricas y en un contexto de biología del desarrollo y biología pesquera, la talla inicial de madurez sexual (T_{im}) y la talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$).

Materiales y métodos

Recolecta, fijación y preservación de quitones

Ejemplares de *Chiton (Chiton) articulatus* de tallas entre 5 mm y 78 mm de longitud total (LT, incluyendo el cinturón del manto) fueron recolectados mensualmente durante todo el 2011 en la zona del intermareal rocoso de Puerto Ángel (15° 39'N - 96° 29'O) de la costa de Oaxaca, México (Fig. 1). Los intervalos de talla para los estadios de vida temprana (< 40 mm LT: subjuveniles “post-metamorfosados”, juveniles, subadultos) y adultos (\geq 40 mm LT) fueron previamente establecidos por Avila-Poveda y Abadia-Chanona (2013).

Cada quitón fue separado de la roca con un cuchillo romo insertado suavemente por debajo del cinturón del manto y del pie haciendo palanca para separarlo de la



roca (Avila-Poveda 2013). Posteriormente, cada quitón fue colocado en un volumen de 200 mL de agua de mar y para lograr su relajación se agregaron 20 mL de agua dulce cada 10 minutos (hasta un volumen final 50:50) y con la adición de 2 mL de etanol al 10% en cada ocasión (Lincoln y Sheals 1979, Avila-Poveda 2013). Este procedimiento permitió que los quitones conservaran su morfología natural pues evita que se contraigan al momento de la fijación. Posteriormente, los quitones fueron fijados (por inyección e inmersión) en formol al 10% preparado con agua de mar. Después de dos semanas se transfirieron a etanol al 70%.

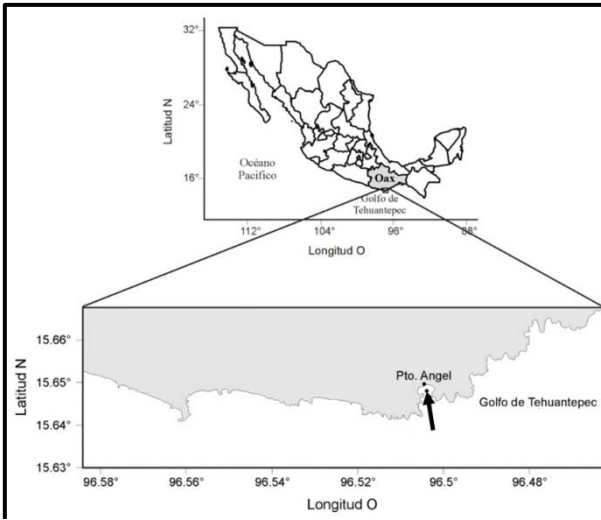


Figura 1. Ubicación del sitio de recolecta de los ejemplares de *Chiton* (*Chiton*) *articulatus* en Puerto Ángel Oaxaca, México.

Biometrías y disección

Todos los quitones recolectados fueron medidos con un vernier (± 0.1 mm) y se registró la longitud total (LT, incluyendo el cinturón del manto), la longitud de la concha (LC, sin el cinturón del manto), el ancho total (AT, incluyendo el cinturón del manto) y el ancho de la concha (AC, sin el cinturón del manto) (Avila-Poveda 2013) (Fig. 2). También se registró el peso corporal total (PT) de cada quitón obtenido con una balanza analítica (± 0.001 g).

La disección de los quitones fijados después de la relajación permitió una fácil desarticulación de las placas y fácil separación de la gónada completa y compacta siguiendo el método de Abadia-Chanona *et al.* (2014a). Las gónadas fueron pesadas (PG) en una balanza analítica ($\pm 0,001$ g).



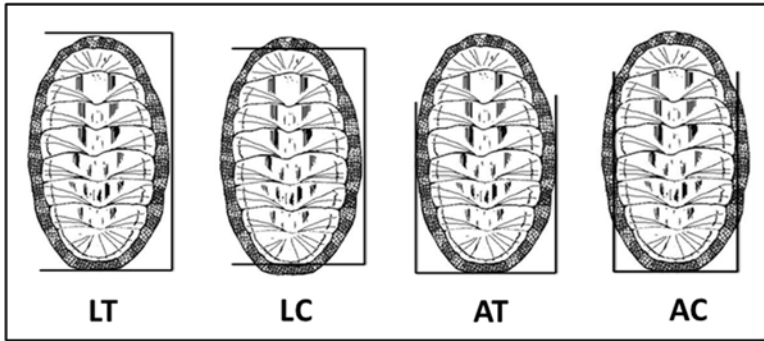


Figura 2. Biometrías registradas para *Chiton (Chiton) articulatus*. LT–longitud total incluyendo el cinturón del manto, LC–longitud de la concha sin el cinturón del manto, AT–ancho total incluyendo el cinturón del manto, AC–ancho de la concha sin el cinturón del manto.

Proceso histológico

Cada gónada fue seccionada en cortes transversales y cada porción de gónada fue procesada histológicamente de acuerdo a Avila-Poveda y Abadía-Chanona (2013). Los cortes seriados a 5 μm de grosor fueron teñidos con la tinción tricrómica de Crossmon (derivado de Crossmon 1937, Gray 1954, Gutiérrez 1967), la cual brinda mejor contraste de las estructuras celulares de la gónada y de los gametos (Avila-Poveda y Abadía-Chanona 2013), debido a que los gametos femeninos de los quitones son ácidos con afinidad a tintes básicos en sus primeras fases de desarrollo (Giese *et al.* 1959, Cowden 1961, Aquinas-Nimitz y Giese 1964, Nagabhushanam y Deshpande 1982).

Observación y análisis microscópico de la gónada

Se realizaron observaciones panorámicas de los cortes transversales, desde la parte ventral hacia la parte dorsal de la gónada (Fig. 3, Avila-Poveda y Abadía-Chanona 2013, Abadía-Chanona *et al.* 2014b), considerando la estructura anatómica de la gónada y el proceso de maduración de los gametos (*i.e.*, formación, desarrollo, maduración y desove de gametos). Los gametos se forman en la parte ventral de la gónada (en el epitelio germinal y/o placas de tejido: Selwood 1968), posteriormente, se desarrollan (maduran) y se dirigen hacia la parte dorsal de la gónada (lumen geoméricamente excéntrico), donde finalmente los gametos maduros llegan a los gonoductos para ser expulsados al entorno (Higley y Heath 1912, Selwood 1968, Richter y Götting 1974, Sakker 1984, Richter 1986, Gaymer *et al.* 2004, Avila-Poveda y Abadía-Chanona 2013, Abadía-Chanona *et al.* 2014b). Finalmente, para ambos sexos fueron asignados cinco estadios de maduración gonádica: I–gametogénesis, II–desarrollo, III–madurez, IV–desove, V–reposo (Abadía-Chanona *et al.* 2014b).



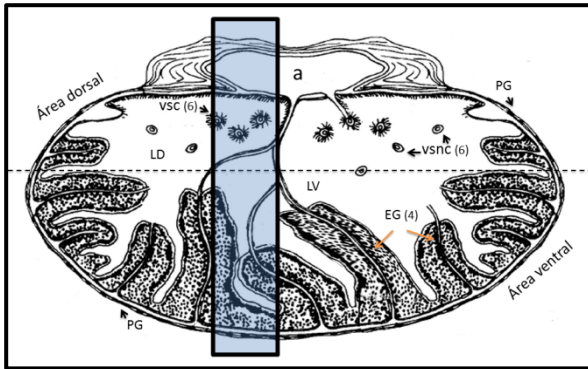


Figura 3. Esquema representativo de la gónada masculina de un quitón (Modificado de Sakker 1984). El rectángulo representa el plano de observación panorámico para la asignación de los estadios de maduración gonádica. a-aorta dorsal, EG-epitelio germinal (placas de tejido), LD-lumen dorsal “geométricamente excéntrico”, LV-lumen ventral, PG-pared gonadal, vsc-vasos sanguíneos ciliados, vsnc-vasos sanguíneos no ciliados.

Talla inicial de madurez sexual (T_{im})

Basado en el concepto establecido en la introducción, la talla inicial de madurez sexual (T_{im}) para *C. (C.) articulatus* se estimó usando intervalos de confianza al 95% para el promedio de la longitud total de los organismos pre-adultos (<40 mm LT: subjuvenil, juvenil, subadulto) que por primera vez en su vida mostraron histológicamente gametos maduros (Avila-Poveda y Abadia-Chanona 2013).

Talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$)

La talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$) para *C. (C.) articulatus* se estimó mediante la frecuencia relativa acumulada por intervalos de clase (4 mm) de los organismos adultos (≥ 40 mm LT) que se encontraban en los estadios de maduración gonádica: III-madurez, IV-desove, V-reposo. Los valores obtenidos fueron suavizados usando la función logística sigmoidea (Somerton 1980) descrita por la ecuación: $y = a [1 + b \cdot e^{(-cx)}]^{-1}$ (CurveExpert Professional 2.0.4). La $T_{m50\%}$ se estimó para las cinco variables biométricas tomadas (LT, LC, AT, AC y PT).

Resultados

La talla inicial de madurez sexual (T_{im}) para *C. (C.) articulatus* fue de 32 mm LT para hembras y de 17 mm LT para machos, ambas tallas corresponden a los **estadios de vida juvenil-subadulto** (Avila-Poveda y Abadia-Chanona 2013).

Por su parte las tallas de madurez sexual ($T_{m50\%}$, **estadio de vida adulto**) estimadas para hembras, machos y de manera combinada correspondientes a cada variable biométrica se presentan en la tabla 1.



Tabla 1. Valores estimados de $T_{m50\%}$ para hembras (H), machos (M) y combinados (C) para las diferentes variables biométricas mediante la función logística sigmoideal ($y = a[1 + b \cdot e^{(-cx)}]^{-1}$).

| | LT (mm) | | | LC (mm) | | | AT (mm) | | | AC (mm) | | | PT (g) | | |
|-------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | H | M | C | H | M | C | H | M | C | H | M | C | H | M | C |
| $T_{m50\%}$ | 56.01 | 55.64 | 55.72 | 51.77 | 51.26 | 51.39 | 33.71 | 33.30 | 33.43 | 27.51 | 27.71 | 26.91 | 11.73 | 12.21 | 11.88 |
| a | 1.00 | 1.02 | 1.01 | 1.02 | 1.05 | 1.04 | 1.02 | 1.01 | 1.03 | 1.00 | 9.97 | 9.93 | 9.83 | 9.94 | 9.97 |
| b | 9.75 | 1.09 | 6.00 | 2.08 | 2.05 | 6.87 | 4.02 | 3.97 | 3.20 | 5.07 | 4.15 | 2.02 | 3.55 | 4.48 | 4.30 |
| c | 2.46 | 2.49 | 2.38 | 2.35 | 2.81 | 2.59 | 3.81 | 3.86 | 3.77 | 4.76 | 5.48 | 5.40 | 3.07 | 3.12 | 3.16 |
| DEE | 2.05 | 1.87 | 1.65 | 1.6 | 2.27 | 1.80 | 3.43 | 2.72 | 2.63 | 9.41 | 2.41 | 1.72 | 1.36 | 2.31 | 1.04 |
| R | 9.99 | 9.99 | 9.99 | 9.99 | 9.98 | 9.99 | 9.96 | 9.97 | 9.98 | 9.99 | 9.98 | 9.99 | 9.99 | 9.98 | 9.99 |

Abreviaturas: LT=longitud total, LC=longitud de la concha, AT=ancho total, AC=ancho de la concha, PT=peso total. a, b, c: constantes del modelo; DEE: desviación estándar del error; R: coeficiente de determinación.

Discusión

A la fecha sólo se conocía una estimación previa de la talla inicial de madurez sexual (T_{im}) para hembras de *C. (C.) articulatus* que fue de 40 mm LT (Rojas-Herrera 1988). Sin embargo, la asignación de ésta talla se basó en observaciones macroscópicas de la gónada, por lo que la subsiguiente estimación de la talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$) podría estar sesgada. En este sentido, podemos suponer que se han estado capturando individuos en un estadio subadulto ya que a partir de esa estimación, Rojas-Herrera (1988) calculó la talla óptima de captura (59.54 mm LT) y la talla promedio de captura real (36.15 mm LT).

Si comparamos la talla inicial de madurez sexual (T_{im}) determinada en 40 mm LT por Rojas-Herrera (1988) con la T_{im} estimada en este trabajo (32 mm LT, hembras) (Fig. 4) podríamos pensar que *C. (C.) articulatus* está iniciando su maduración sexual cada vez más joven con la intención de alcanzar más rápido la talla de madurez sexual, lo cual podría ser el resultado de la presión pesquera. Sin embargo, los quitones menores de 40 mm LT no se consideran adultos sino subadultos que aún no entran a un ciclo reproductivo (Avila-Poveda y Abadia-Chanona 2013) por lo que si se mantiene la talla promedio de captura real (36.15 mm LT) establecida por Rojas-Herrera (1988) se podría afectar a la población en el sentido de que se estarían extrayendo subadultos evitando que lleguen a su estado reproductivo óptimo como adultos (Stearns 2000), y repercutir en una baja densidad poblacional (Holguín-Quiñones y Michel-Morfín 2002).



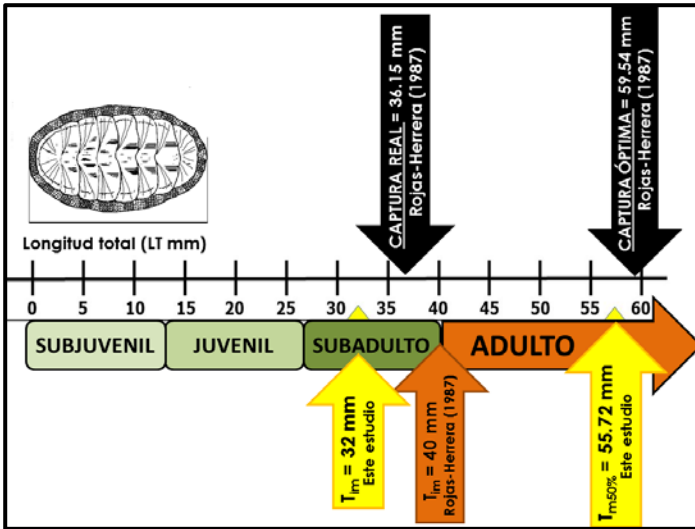


Figura 4. Esquema representativo de la talla inicial de madurez sexual (T_{im}) y de la talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$) de *Chiton* (*Chiton*) *articulatus*, a lo largo de los estadios de vida.

Por otra parte, la talla de madurez sexual ($T_{m50\%}$) estimada en este estudio para los sexos combinados (55.72 mm LT), se acerca a la talla óptima de captura (59.54 mm LT) propuesta por Rojas-Herrera (1988). Por lo que consideramos que la talla mínima de captura se debe establecer alrededor de la talla óptima de captura propuesta por Rojas-Herrera (1988) y que se valida histológicamente con el presente estudio, lo cual daría a esta especie el beneficio de un mayor tiempo para crecer y reproducirse, y repercutirá en una mayor fecundidad y una producción de crías de mayor calidad (Stearns 2000). Por lo anterior, esperamos que este trabajo otorgue las bases que permitan tomar decisiones para proponer una talla mínima de captura.

Agradecimientos

Esta investigación fue financiada por el proyecto SIP 20140465 otorgado a Arellano-Martínez M, el estímulo SNI-CONACYT/2012-2014 otorgado a Avila-Poveda OH, y por el proyecto PROFAPI-UAS-2013/063 otorgado Flores-Campaña LM. Abadia-Chanona QY recibe las becas CONACYT y BEIFI y los resultados presentados aquí son parte de su tesis de maestría. Avila-Poveda OH es comisionado por CÁTEDRAS-CONACYT (proyecto No. 2137/FACIMAR-UAS). Ramírez-Pérez JS es becario del programa de estímulos al desempeño docente de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Moreno-Sánchez XG es becario EDI-IPN/PROGRAMA contratación por excelencia.



Referencias

- Abadia-Chanona QY, Avila-Poveda OH, Arellano-Martínez M (2014a) Protocol for relaxation, fixation and dissection of Polyplacophora gonad for histological and morphological studies. The 5th Annual WDAFS Student Colloquium, Western Division American Fisheries. April 7-11, Mazatlán, México.
- Abadia-Chanona QY, Avila-Poveda OH, Arellano-Martínez M, Flores-Campaña LM (2014b) Observation and establishment of the gonad development stages in Polyplacophora: *Chiton (Chiton) articulatus*, a case study. *Mollusca 2014*, El encuentro de las Américas, 22-27 junio, Ciudad de México, México.
- Aquinas-Nimitz SM, Giese AC (1964) Histochemical changes correlated with reproductive activity and nutrition in the chiton, *Katharina tunica*. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 105: 481–495. [Renombrada como: *Journal of Cell Science*].
- Avila-Poveda OH (2013) Annual change in morphometry and in somatic and reproductive indices of *Chiton articulatus* adults (Mollusca: Polyplacophora) from Oaxaca, Mexican Pacific. *American Malacological Bulletin* 31: 65–74.
- Avila-Poveda OH, Abadia-Chanona QY (2013) Emergence, development, and maturity of the gonad of two species of Chitons “Sea Cockroach” (Mollusca: Polyplacophora) through the early life stages. *Plos One* 8(8): e69785. doi:10.1371/journal.pone.0069785
- Coe WR (1944) Sexual differentiation in mollusks. II. gastropods, amphineurans, scaphopods, and cephalopods. *Quarterly Review of Biology* 19: 85–97.
- Cowden RR (1961) A cytochemical investigation of oögenesis and development to the swimming larval stage in the chiton, *Chiton tuberculatum* L. *Biological Bulletin* 120: 313–325.
- Crossmon G (1937) A modification of Mallory’s connective tissue stain with a discussion of principles involved. *Anatomical Records* 69: 33–38.
- Gaymer CF, Guisao C, Brokordt KB, Himmelman JH (2004) Gonad structure and gamete morphology of the Eastern South Pacific chiton *Acanthopleura echinata* Barnes, 1824. *Veliger* 47: 141–152.
- Giese AC, Tucker JS, Boolootian RA (1959) Annual reproductive cycles of the chitons, *Katherina tunicata* and *Mopalia hindsii*. *Biological Bulletin* 117:81–88.
- Gray P (1954) The Microtometist’s formulary and guide. The Blakiston Company, New York
- Gutiérrez M (1967) Coloración histológica para ovarios de peces, crustáceos y moluscos. *Investigación Pesquera* 31: 265–271 [Renombrada como: *Scientia Marina*]
- Higley RM, Heath H (1912) The development of the gonad and gonoducts in two species of chitons. *Biological Bulletin* 22: 95–97.
- Holden MJ, Raitt DFS (1975) Manual de ciencia pesquera parte 2 - métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO, Roma.
- Holguín-Quñones OF, Michel-Morfin JE (2002) Distribution, density and length-weight relationship of *Chiton articulatus* Sowerby, 1832 (Mollusca-Polyplacophora) on Isla Socorro, Revillagigedo Archipelago, Mexico. *Journal of Shellfish Research* 21: 239–241.
- Lincoln RJ, Sheals JG (1979) Invertebrate animals: collection and preservation. London: British Museum and Cambridge University Press.



- Nagabhushanam R, Deshpande UD (1982) Reproductive cycle of the *Chiton Chiton iatricus* and environmental control of its gonad growth. *Marine Biology* 67: 9–13.
- Olea-de la Cruz FG, García-Ibáñez S, Flores-Garza R, Flores-Rodríguez P, Rojas-Herrera AA (2013) Pesca, oferta y demanda de la cucaracha de mar *Chiton articulatus* (Mollusca: Polyplacophora) en aguas de la zona costera del estado de Guerrero, México. *Ciencia Pesquera* 21: 69–81.
- Ragonese S, Bianchini ML (2014) Is it time to discard the Rikhter & Efanov's natural mortality-age at maturity estimator from the stock assessment scientist's toolbox?. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences* 9:58–65.
- Ramirez-Llodra E (2002) Fecundity and Life-history Strategies in Marine Invertebrates. *Advances in Marine Biology* 43: 87–170.
- Richter HP (1986) Ultrastructure of follicular epithelia in the ovary of *Lepidochitona cinerea* (L.) (Mollusca: Polyplacophora). *Development, Growth and Differentiation* 28: 7–16.
- Richter HP, Götting KJ (1974) Oogenese und sexualität der käferschnecke *Lepidochitona cinereus* (Mollusca, Polyplacophora). *Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 26:42–62 [En alemán].
- Rojas-Herrera AA (1988) Análisis biológico-pesquero de la cucaracha de mar (*Chiton articulatus* Sowerby 1832) de Acapulco, Guerrero, México. En: Memorias IX Congreso Nacional de Zoología, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y Sociedad Mexicana de Zoología, Villahermosa, pp. 151–156.
- Sakker ER (1984) Sperm morphology, spermatogenesis and spermiogenesis of three species of chitons (Mollusca, Polyplacophora). *Zoomorphology* 104: 111–121.
- Selwood L (1968) Interrelationships between developing oocytes and ovarian tissues in the chiton *Sypharochiton septentriones* (Ashby) (Mollusca, Polyplacophora). *Journal of Morphology* 125: 71–103.
- Somerton DA (1980) A computer technique for estimating the size of sexual maturity in crabs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 1488–1494.
- Stearns SC (1992) The evolution of life histories. Oxford University Press, Oxford.
- Stearns SC (2000) Life history evolution: successes, limitations, and prospects. *Naturwissenschaften* 87:476–486.



Dinámica temporal y espacial de la comunidad íctica y megabentónica en playas arenosas en relación a parámetros indicadores de aportes fluviales

Antonio Herrera¹, David Bone²

¹Proyecto Prometeo-SENESCYT, ESPOL-FIMCBOR; Coordinación de Investigación, Dirección de Investigación y Postgrado, Universidad Marítima Del Caribe, Caracas, Venezuela.

²Departamento Biología de Organismos, División de Ciencias Biológicas, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

E-mail: anheni@espol.edu.ec, anheni@gmail.com

Resumen

Con la finalidad de evaluar el efecto relacionado con aportes fluviales de la temporalidad (Lluvia; Sequía) y la localidad (cercana a desembocadura de río; marinas) en cambios de la comunidad íctica y megabentónica, se evaluaron las playas arenosas desde los canales de Río Chico hasta la población de Carenero, en la zona central de Venezuela, estado Miranda, en donde desembocan el río Tuy, el Capaya y el Curiepe. Se establecieron 8 estaciones de muestreo a lo largo de esta franja, y en cada una de ellas se realizaron dos lances con una red de playa, en un único muestreo en los siguientes meses: octubre y noviembre de 2000, febrero y mayo de 2001. Los organismos provenientes tanto de la comunidad íctica como del megabentó fueron preservados en formol e identificados taxonómicamente. Se presentaron diferencias significativas en la composición de especies en cuanto a la temporalidad, la localidad, e interacción entre la temporalidad y la localidad (PERMANOVA; $p < 0,05$). El diagrama de ordenación por Correspondencia Canónica mostró esta diferencia en cuanto a la temporalidad, y un gradiente en cuanto a estaciones cercanas a desembocaduras y marinas. En el período de lluvia, los cambios en la comunidad íctica y megabentónica se modularon espacialmente por cambios en cuanto a turbidez, pH y salinidad, mientras que en período de sequía el nitrógeno y fósforo total, el oxígeno disuelto y la abundancia del macrobentó fueron los factores que mayor influyeron en los cambios espaciales de la comunidad. Las especies con mayor peso en el gradiente de ordenación fueron *Arius herzbergii* y *Pennaes brasiliensis*. Se concluye que factores ambientales relacionados con aportes de ríos, modulan los cambios temporales y espaciales de las comunidades



megabentónicas e íctica asociadas a estas playas arenosas, y que los gradientes espaciales de dichas comunidades son manejados por la temporalidad (lluvia, sequía).

Introducción

La productividad de los ecosistemas costeros se estima en un 30 % de la productividad primaria total neta oceánica, y en consecuencia en dichos ambientes se captura entre el 70 y 90 % de la pesca comercial a nivel mundial (Holligan y Reiners, 1992; PNUMA, 2002; 2003). Esta alta productividad está relacionada con las entradas de nutrientes provenientes de la zona continental y descargas al mar a través de ríos, aguas de escorrentías, además de procesos de surgencia, intercambio en la orilla de la plataforma continental y el aporte atmosférico. Consecuentemente, los ríos son moduladores de los procesos en los ecosistemas costeros donde desembocan (Bierman y col., 1994; Pakulski y col., 1995; PNUMA y GPA, 2001; PNUMA, 2003).

En el caso particular de los ecosistemas de playas arenosas, se ha probado que las comunidades bentónicas responden a factores ambientales relacionados con el sedimento, el morfodinamismo, el oleaje y los aporte fluviales (Herrera, 2007; Herrera y Bone, 2011). En relación a la comunidad íctica, a pesar que existe una extensa literatura científica en cuanto a su estudio en playas arenosas, son muy pocos los que la relacionan con factores ambientales que caracterizan a dichos ecosistemas, en particular con indicadores de aporte fluvial, y la abundancia de la macrofauna bentónica. El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto relacionado con aportes fluviales en cambios de la comunidad íctica y megabentónica, en playas arenosas en la zona central de Venezuela, estado Miranda, en donde desembocan el río Tuy, el Capaya y el Curiepe.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

La zona costera evaluada se ubica en la zona central de Venezuela, y abarcó unos 23,53 km de franja costera, desde la playa de los canales de Río Chico (10° 21' 34" N, 65° 57' 11" O) hasta la población de Carenero (10° 30' 57" N, 66° 06' 06,54" O), y desde la punta de cabo Codera hasta el extremo suroeste de la costa, unos 10 Km, lo que da un área aproximada de 235 km². Dicha costa está conformada por una gran extensión de playas arenosas con un oleaje que se va disipando en una amplia zona de rompiente. En esta franja desembocan tanto el río Tuy como 2 ríos de menor importancia (el Capaya y el Curiepe).



Diseño de muestreo

Se establecieron 8 estaciones de muestreo a lo largo de esta franja (Figura 1), y con la finalidad de incluir la época del año en donde se presenta el pico de lluvia y los meses de mayor sequía, en cada una de ellas se muestreó en octubre y noviembre de 2000, y en febrero y mayo de 2001.

Variables ambientales

Durante las campañas de campo se midieron los siguientes parámetros ambientales: temperatura superficial del agua (°C), salinidad (‰), conductividad (μSm), concentración de oxígeno disuelto (mg/l), porcentaje de oxígeno disuelto y el pH. Para ello se utilizó una sonda multiparamétrica marca Hydrolab (modelo DS4). Adicionalmente se tomaron muestras de agua en botellas de plástico de 1 l. para analizar las concentraciones de nitrógeno (método macro-Kjeldahl, sección 4500-Norg-B, en APHA, AWWA, WEF, 1995) y fósforo total (método de ácido ascórbico, sección 4500-P-E, en APHA, AWWA, WEF, 1995).

Variables biológicas

Para la evaluación de la comunidad íctica y megabentónica, en cada estación se realizaron dos lances con una red de playa. Los organismos colectados pertenecientes tanto de la comunidad íctica como del megabentó fueron preservados en formol e identificados taxonómicamente.

Para estimar la abundancia total de la macrofauna bentónica asociada a las playas arenosas (variable moduladora de la comunidad íctica y megabentónica), se colectaron seis cilindros (0.1 m^2) con muestras de arena en cada una de las ocho estaciones. Las muestras fueron conservadas en una solución de formalina del 10 %, y posteriormente lavadas por un tamiz de 0,5 mm de apertura de malla para retener la macrofauna. La abundancia fue medida como el número de individuos colectados en los seis cilindros en cada una de las estaciones y campañas de muestreo realizadas.

Análisis estadísticos

Para la evaluación de los gradientes espaciales (estaciones en la zona costera evaluada) y temporales (Período de lluvia y sequía) de la ictiofauna y el megabentó y su relación con los gradientes de las variables ambientales de la columna de agua y abundancia total de la macrofauna bentónica, se aplicó el análisis de Correspondencia Canónica (Ter Braak, 1986) mediante el programa CANOCO Versión 4.5. Para probar las diferencias significativas entre los grupos espaciales y temporales mostrado por el análisis de Correspondencia Canónica, la abundancia de cada especie fue transformada al $\ln(X+1)$ y estandarizada, y posteriormente se utilizó un análisis Multivariado de Varianza mediante permutaciones basados en índices de disimilaridad de Bray-Curtis (PERMANOVA, Anderson 2005).



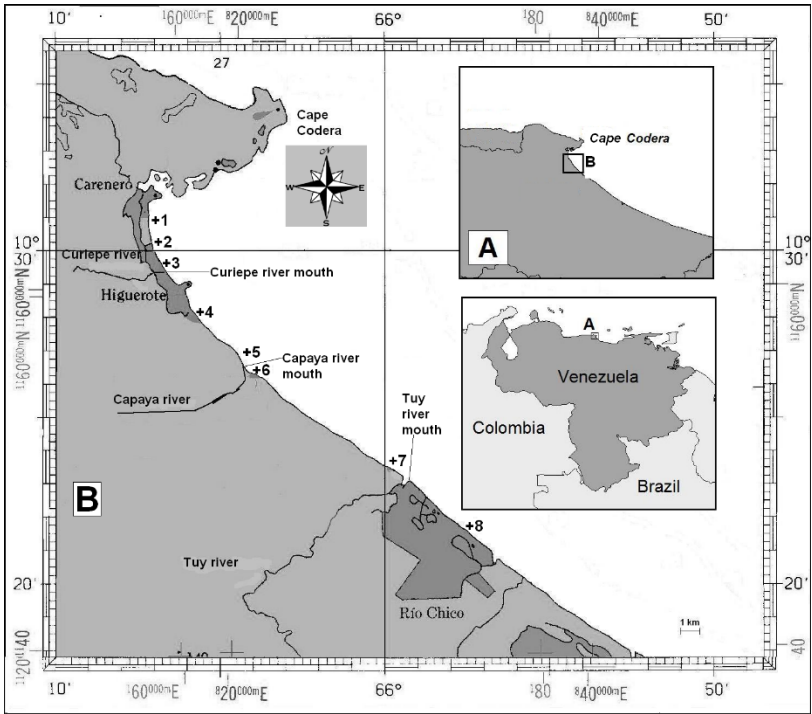


Figura 1. Ubicación de las estaciones a lo largo de la zona costera

Resultados

El diagrama de ordenación por Correspondencia Canónica mostró diferencia en cuanto a la temporalidad, y un gradiente en cuanto a estaciones cercanas a desembocaduras y marinas (Figura 2); el primer eje explica el 22,94 % de la variabilidad, mientras que el segundo eje del diagrama explica el 14,52 % de la variabilidad. Para la relación entre la composición de especies-variables ambientales, en el primer eje contribuyó en forma significativa ($p < 0,05$; R^2 : 0,97) la salinidad (Sal), el Nitrógeno Total (NT) y la Turbidez (TURB); en el segundo eje de ordenación ($p < 0,05$; R^2 : 0,92) contribuyeron en forma significativa la abundancia total de la macrofauna bentónica (ABBENTO), el pH y la Salinidad.

En el período de lluvia, los cambios en la comunidad íctica y megabentónica se modularon espacialmente por cambios en cuanto a turbidez, pH y salinidad, mientras que en período de sequía el nitrógeno y fósforo total, el oxígeno disuelto y la abundancia del macrobento fueron los factores que mayor influyeron en los cambios espaciales de la comunidad. Las especies con mayor

peso en el gradiente de ordenación fueron *Arius herzbergii* y *Penmaeus brasiliensis* (Tabla I). Se probó diferencias significativas en la composición de especies en cuanto a la temporalidad, la localidad, e interacción entre la temporalidad y la localidad (PERMANOVA; $p < 0,05$).

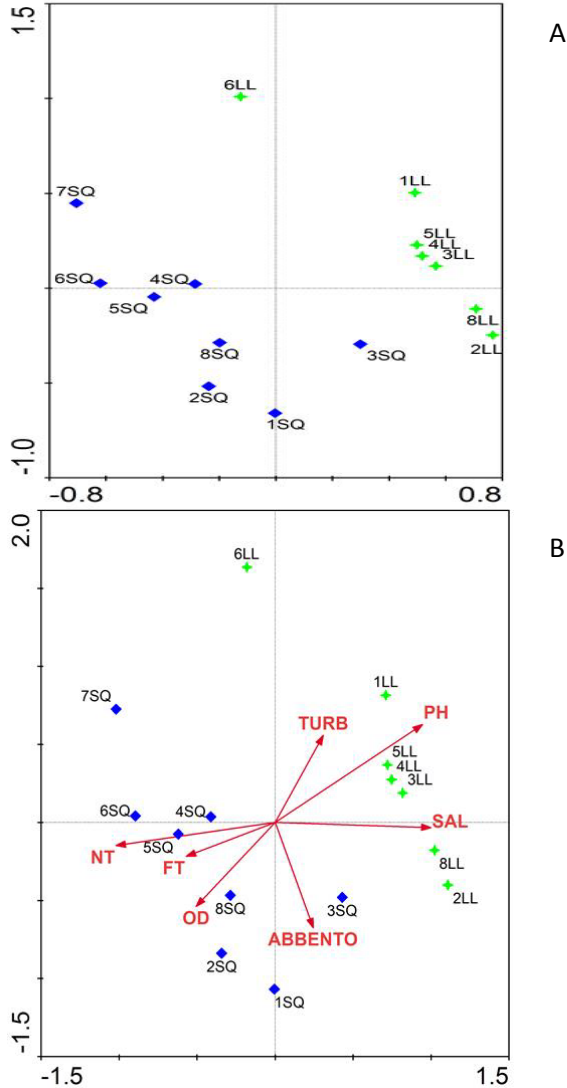


Figura 2. Diagrama de ordenación por Correspondencia Canónica. A: Ordenación de estaciones por temporalidad; B: Relación entre estaciones y variables ambientales. El número indica la estación; LL: período de lluvia; SQ: período de Sequía. Variables Ambientales: ABBENTO, abundancia total macrofauna bentónica; FT, Fósforo Total; NT, Nitrógeno Total; OD, Concentración Oxígeno Disuelto; TURB, Turbidez.



TABLA I. Peso en el análisis de Correspondencia Canónica para los dos primeros ejes de ordenación.

| Especies | Peso |
|----------------------------------|-------------|
| <i>Anchoa spinifer</i> | 8,06 |
| <i>Arenaeus cribarius</i> | 14,81 |
| <i>Arius herzbergii</i> | 32,12 |
| <i>C. exasperatus (jaiba)</i> | 7,27 |
| <i>Callinectes danae (jaiba)</i> | 19,04 |
| <i>Caranx hipox</i> | 9,86 |
| <i>Centropomus undecimalis</i> | 12,54 |
| <i>Chloroscombus chrysurus</i> | 2,48 |
| <i>Coleoptropis blackburni</i> | 5,08 |
| <i>Conodon nobilis</i> | 3,87 |
| <i>Diapterus rhombeus</i> | 2,77 |
| <i>Eugerres plumieri</i> | 5,26 |
| <i>Isopisthus parvipinnis</i> | 7,05 |
| <i>Menticirrus littoralis</i> | 15,80 |
| <i>Mugil curena</i> | 3,40 |
| <i>Mugil liza</i> | 5,24 |
| <i>Penaeus brasilinesis</i> | 20,34 |
| <i>Polydactylus virginicus</i> | 10,28 |
| <i>Selene vomer</i> | 2,08 |
| <i>Spheroides testudineus</i> | 6,36 |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 4,68 |
| <i>Trachinotus falcatus</i> | 13,49 |
| <i>Trachinotus goodei</i> | 13,96 |
| <i>Umbrino coroides</i> | 3,87 |



Discusión

Se ha demostrado que los aportes fluviales modulan los procesos costeros en cuanto a material sedimentario, nutrientes, salinidad y sus efectos sobre las comunidades biológicas, tanto de la columna de agua como el sedimento, conformando gradientes espaciales en la zona costera impactada por la pluma de un río. Un ejemplo de ello es la pluma del río Mississipi (Golfo de México) la cual es turbia y rica en nutrientes, estando la productividad primaria limitada por la falta de luz en la zona más cercana al delta debido a la turbidez. Más alejado del delta, hay una zona de salinidad intermedia (de 15 a 30 ‰) en la cual las altas cargas de sedimentos suspendidas se han asentado lo suficiente como para dejar penetrar un mayor grado la luz; las altas concentraciones de nutrientes persisten, facilitando una alta tasa de producción fitoplanctónica ($5 \text{ g C/m}^2\text{d}$). La producción primaria se correlaciona en forma significativa con el flujo y concentración de nitratos y nitritos (Lohrenz y col., 1997). La actividad fitoplanctónica y los nutrientes disponibles declinan en los puntos más alejados del delta debido a su disminución por el consumo de estos elementos por parte de organismos de otros niveles de la trama trófica y por sedimentación al fondo de la plataforma marina (Bierman y col., 1994). Otro tipo de gradiente es definido por el río Rhone (en el noroeste del Mediterráneo), cuya pluma está caracterizada por fronteras abruptas y por la estratificación en una estructura de tres hileras: una capa superficial de agua dulce, con un metro de espesor, rica en materia particulada en suspensión y nutrientes disueltos; una subacuática, compuesta por agua de mar pobre en nutrientes, separadas por una capa límite discontinua. La pluma tiene normalmente de 1 a 6 km de longitud, y este río descarga en un margen estrecho de la plataforma (Soto y col., 1993; Bianchi y col., 1994). Otro caso es el río Po, el cual descarga al norte del Mar Adriático. Un patrón de circulación ciclónica provoca que la descarga del río Po y pequeños ríos italianos fluyan hacia el sur a lo largo de la línea costera la mayor parte del año. En verano, sin embargo, el patrón de circulación cambia a una circulación de remolino semi-aislada, produciéndose una intensa estratificación en la descarga del río Po, siendo su pluma empujada hacia el este a través del Mar Adriático (Revelante y Gilmartin, 1992).

En cuanto a ríos mareales tropicales, en el río Orinoco se ha estudiado la estratificación de su pluma, y su influencia en los parámetros físicos y químicos en la columna de agua. Bonilla y col. (1993) estudiaron la estratificación salina, la distribución de nutrientes y las mediciones de productividad primaria en las épocas de sequía (abril 1988) y lluvia (septiembre 1988), a lo largo de 2 transecciones longitudinales, una con orientación noreste-suroeste y otra este-oeste a partir de la desembocadura del Orinoco. Estos autores establecieron que la distribución de la salinidad entre la temporada de sequía y de lluvia es notablemente diferentes; en abril hubo una interface abrupta de agua dulce y de mar dentro del canal de navegación, por lo que la transección noreste-suroeste



nunca encontró agua pura del río (salinidad mínima 8 ppm en marea saliente), mientras que la transección este-oeste, en la zona de navegación, presentó una salinidad mayor de 30 ppm, ya que el gradiente agua dulce-agua salada estuvo centrada cerca de la costa, en la zona no navegable. Por el contrario, en sequía ambas transecciones estuvieron dentro del cilindro de la zona de mezcla de agua dulce con agua salada. En cuanto a los nutrientes, en la transección noreste-suroeste, la concentración de nitrato es baja en la desembocadura y a poca profundidad (2,5 μM), mientras que en estaciones más alejadas, de mayor profundidad, la concentración aumenta desde 1 μM a 80 m de profundidad hasta 22 μM a 300 m de profundidad. En la época de lluvia, la tendencia se mantiene pero aumentan las concentraciones de los nutrientes medidos. El comportamiento de los nutrientes y de la productividad primaria, sugieren que son los procesos de surgencia asociados a la plataforma, junto con el comportamiento del río Orinoco, los que tienen una mayor influencia en la dinámica de ese sistema costero (Bonilla y col., 1993).

A menor escala, una variedad de descriptores comunitarios se han relacionados a parámetros ambientales tales como morfodinámica de la playa, la concentración de materia orgánica y la contribución de los ríos en playas arenosas en Suramérica y España. Incera y col. (2006) establecieron que la pendiente de la playa tiene un marcado efecto en la riqueza de especies, densidad y biomasa de la macrofauna en la zona intermareal en 11 playas en la costa Noroeste de España. Lastra et al. (2006) utilizando un análisis de regresión múltiple, demostraron que el número de especies incrementó significativamente con la proximidad a una zona de surgencia y con el decrecimiento del tamaño del grano, en 14 playas en el Norte de España. La biomasa incrementó significativamente con la disponibilidad de alimento estimado como la concentración de clorofila "a" en la columna de agua en la zona de rompiente. Lercari y Defeo (2006) evaluó la influencia de un gradiente de salinidad producida por el estuario del río de la Plata sobre la riqueza de especies y abundancia de la macrofauna en 16 playas en Uruguay, y mediante la utilización de modelos lineales y no lineales, los autores demostraron que la riqueza de especies incremento con la salinidad. Herrera (2007) y Herrera y Bone (2011) demostraron que la pluma del río Tuy modula el funcionamiento del sistema costero que es evaluado en el presente estudio, mediante el aporte de nutrientes y material sedimentario en el agua, distribuyéndose mediante las corrientes marinas y el transporte litoral. Esto es aprovechado por las poblaciones de *Tivela mactroides*, recurso pesquero a nivel local, presentando altas abundancias y diferenciación en la estructura de tallas a lo largo de la costa, así como otras especies que conforman la macrofauna bentónica asociadas a dichas playas.

La influencia de los parámetros físicos-ambientales indicadores de aportes fluviales sobre la comunidad íctica ha sido evaluada muy poco en playas arenosas. Selleslagh y Amara (2008) analizaron las variaciones temporales en las comunidades de peces y crustáceos en playas arenosas en la costa francesa del Canal De La Mancha, y establecieron mediante un análisis por



Correspondencia Canónica que los parámetros ambientales medidos (marea, temperatura, salinidad, fluorescencia como indicadora de biomasa fitoplanctónica, corriente, oxígeno disuelto, turbidez y pH) explican significativamente ($p < 0,05$) el 32,2 % de la variación de la abundancia en la ictiofauna y los macrocrustáceos: especies como *Crangon crangon*, *Sprattus sprattus*, *Carcinus maenas*, *Syngnathus acus* y *Portunus latipes* fueron más abundantes durante períodos de alta salinidad, mientras que la turbidez afectó negativamente la densidad de *Ammodytes tobianus* y el oxígeno disuelto tuvo un efecto positivo en *C. crangon* y *Pomatoschistus microps*. En otro estudio, Inui y col. (2010) evaluaron la comunidad íctica en 21 playas arenosas en 150 km de costa en el noroeste de la Isla Kyushu, Japón, y establecieron que la ictiofauna estuvo fuertemente correlacionada con la pendiente del fondo marino y la velocidad de la corriente.

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que factores ambientales relacionados con aportes de ríos, modulan los cambios temporales y espaciales de las comunidades megabentónicas e íctica asociadas a estas playas arenosas, y que los gradientes espaciales de dichas comunidades son manejados por la temporalidad (lluvia, sequía). La información generada es relevante para el estudio de la ictiofauna asociada a las playas arenosas, ya que muestra como parámetros ambientales relacionados con aporte fluviales modulan recursos pesqueros de importancia alimenticia para la población humana de dichas localidades.

Referencias

- Anderson, M. 2005. PERMANOVA: Permutational multivariate analysis of variance. A computer program. Department of Statistics, University of Auckland.
- Bierman, V.; S. Hinz; W. Wiseman; N. Rabalais; R. Turner. 1994. A preliminary mass balance model of primary productivity and dissolved oxygen in the Mississippi River plume/inner gulf shelf region. *Estuaries* 17 (4): 886-899.
- Herrera, A. 2007. Estudio comparativo de la dinámica y ecología de la fauna bentónica en playas arenosas, y su relación con los procesos costeros. Tesis Doctoral. Universidad Simón Bolívar, Caracas, 222 pp.
- Herrera A. y Bone, D. 2011. Influence of riverine outputs on sandy beaches of Higuerote, central coast of Venezuela. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39 (1): 56-70.
- Holligan, P. M.; W. A. Reiners. 1992. Predicting the responses of the coastal zone to global change. *Advance Ecology Research* 22: 211-220.
- Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). 2002. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3. Pasado, presente y futuro*. Ediciones Mundi-Prensa. España, xxxiii+425 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). 2003. *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente*. PNUMA (Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México D.F.). Costa Rica, 282 pp.



Ter Braak, C. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.



Trazabilidad genética en conservas elaboradas a partir de túnidos y caballa en Cabo Verde

Javier Quinteiro¹, Nilson Brás², Isilda Fortes², Manuel Rey-Méndez¹, Corrine Almeida², Pablo Manent³, Nieves González-Henríquez³

¹Departamento de Bioquímica e Biología Molecular. Universidade de Santiago de Compostela.

²Departamento de Engenharias e Ciências do Mar. Universidad de Cabo Verde.

³Departamento de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).

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

Resumen

En Cabo Verde, la pesca representa un importante factor socio-económico, con una fundamental industria implicada en la elaboración de productos en conserva a partir de un juego limitado de especies. Se incluyen la caballa macarela (scad caballa), *Decapterus macarellus* (Cuvier, 1833), como especie pesquera destacada en Cabo Verde, y diversas especies de túnidos de los géneros *Thunnus*, *Auxis* y *Katsuwonus*. La trascendencia de estos productos para Cabo Verde y la normativa de etiquetado exigible por mercados, tales como el europeo, demanda una profundización en metodologías aplicables al control de la calidad de dichos productos, en concreto en la autenticación de la materia prima utilizada en su elaboración. Para ello, las metodologías de identificación por PCR aplicadas a productos en conserva en basaron i) en el análisis comparativo de secuencias de ADN homólogas, ii) la obtención de patrones de especies específicas de PCR-RFLP y, iii) PCR específica en *D. macarellus*. Los resultados de identificación de la materia prima utilizada en la elaboración de las conservas mostraron la presencia de, además de *D. macarellus*, *Scomber scomber* y *Scomber colias*, en productos conteniendo etiquetados como caballa macarela. En cuanto a las conservas de túnidos solo se detectó la presencia de *Kastuwonus pelamis* en productos que indicaban la presencia compartida con especies del género *Thunnus*. Las conservas indicando la presencia de especies de *Auxis*, incluyeron tanto *A. thazard* como *A. rochei*. En consecuencia, las metodologías evaluadas pueden ser implementadas en un sistema de trazabilidad para el control de la calidad en productos manufacturados en el caso del archipiélago de Cabo Verde.

Palabras clave

Trazabilidad genética, conservas de pescado, túnidos, caballa.



Introducción

La caballa macarela (scad caballa), *Decapterus macarellus* (Cuvier, 1833), es una especie pesquera importante para Cabo Verde, que representa más del 40% de las capturas de pesca total en 1997 y 1998 (≈ 3700 t). Sin embargo, esta proporción ha disminuido hasta un 20% en los últimos años, siendo de 2104 toneladas en 2004. Las especies pelágicas de la familia Scombridae como *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758), *Thunus albacares* (Bonnaterre, 1788) y *Auxis thazard* (Lacepède, 1800) o *A. rochei* (Risso, 1810) dominan actualmente las capturas en Cabo Verde.

En Cabo Verde la pesca representa un importante factor socio-económico, empleando en 2004 aproximadamente entre el 2,1% y 5,2% de la población. Por otro lado, el consumo per cápita en la última década ha seguido una tendencia positiva, llegando a un valor de 26,5 kg per cápita.

Los productos pesqueros poseen también una creciente importancia en la contribución al equilibrio de la balanza de pagos, llegando a representar el 79,5% de las exportaciones (representando las conservas el 39%), en el año 2010. En 2011 alcanzó el 81,13% (44,5% representado por las conserva) y el 83,1% y 83,13%, (43,3% y 38,9%, para las conservas) en los años 2012 y 2013, respectivamente (Instituto Nacional de Estadística, 2011; Instituto Nacional de Estadística, 2013).

La trascendencia de estos productos para Cabo Verde y la normativa de etiquetado exigible por mercados, tales como el Europeo, demanda una profundización en metodologías aplicables al control de la calidad de dichos productos. A partir de los datos obtenidos sobre individuos de referencia, y morfológica y genéticamente caracterizados, se diseñaron cebadores específicos para el análisis de la caballa macarela, una especie con escasa información genética. En el caso del análisis de túnidos, la amplia disponibilidad de información genética y cebadores (p.ej. Quinteiro 2011; Quinteiro *et al.* 1998) ha permitido aplicar directamente cebadores y protocolos previamente descritos al presente análisis de productos en conserva caboverdianos.

Las metodologías de identificación aplicadas a productos en conserva en basaron i) en el análisis comparativo de secuencias homólogas, ii) la obtención de patrones de especies específicas de PCR-RFLP y, iii) PCR específica en *D. macarellus*.

Materiales y métodos

El análisis se realizó inicialmente sobre material biológico de referencia morfológicamente caracterizado de *Decapterus macarellus*, caballa negra (Cuvier 1833) (N=20) y de las especies locales de túnidos, obtenidos en diversos mercados de las diferentes islas del archipiélago de Cabo Verde. Luego se



obtuvieron muestras de productos enlatados elaborados en Cabo Verde y comercializados localmente. La metodología de aislamiento fue llevada a cabo utilizando procedimientos descritos previamente. El ADN de tejidos fueron purificados con E.Z.N.A.®DNA Tissue Kit (Omega Bio-Tek, Inc.) y los de las conservas con Speedtools Food DNA extraction kit (BIOTOOLS B&M Labs, S.A.), siguiendo las instrucciones de los fabricantes.

Las PCR fueron elaboradas usando el kit GoTaq (Promega) en un volumen de reacción final de 15 µl, con una concentración de MgCl₂ que varió de 1,5 mM a 3,5 mM, 0,8 µM de dNTPs e 0,5 µM de cada primer y 2 µl de la solución de ADN. Para la amplificación se utilizó el termociclador 2720 (Applied Biosystems) siendo usadas condiciones estándar: una desnaturalización inicial a 94°C durante 3 minutos, seguido de 35 ciclos de desnaturalización a 94°C en 40 segundos, fusión a 50°C durante 40 segundos e extensión a 72°C durante 70 segundos, con una extensión final a 72°C durante 5 min.

En *D. macarellus*, se llevó a cabo la amplificación un fragmento estándar para barcoding localizado en el gen COX1, y de dos fragmentos del Citocromo b (CB12 y CB34), con nuevos cebadores diseñados en base a secuencias obtenidas para esta especie. Además, el diseño de cebadores específicos (DMAC-CR-1F/2R) en la región control del ADN mitocondrial permitió la amplificación específica de especie de dicho fragmento. De forma similar, en el caso de las especies de túnidos los fragmentos amplificados se localizaron en el citocromo b y región control (Quinteiro 2011; Quinteiro et al. 1998). Los fragmentos fueron sometidos al análisis comparativo de secuencias homólogas para la identificación de especie. También, con este fin se llevaron a cabo análisis de PCR-RFLP.

Resultados y discusión

Identificación de *Decapterus macarellus* en productos en conserva por análisis comparativo de secuencias

Diversas secuencias obtenidas de conservas se agruparon (Figura 1) en un clado específico junto con secuencias idénticas de referencia de *D. macarellus*. En este caso no se detectaron secuencias de conservas que perteneciesen a otras especies, en especial a especies del género *Scomber*. Con el uso de un pequeño fragmento del gen citocromo b se resuelven claramente los clados divergentes de *Decapterus* e *Scomber*. En contraste, otras muestras obtenidas de conservas y con la secuenciación de un fragmento de la región control, muestran una posición que indica su pertenencia a dos especies de *Scomber* presentes en el Atlántico (Figura 2): *Scomber colias* y *Scomber scombrus*.

En consecuencia los análisis comparativos de las secuencias indican la presencia de, al menos, tres especies en las conservas que declaran como ingrediente a *D. macarellus*, y elaboradas en Cabo Verde. La primera especie es la correspondiente a dicha caballa macarela. A mayores se detectan la caballa del



Atlántico, *Scomber scombrus* y el estornino, *Scomber colias* (clasificada previamente como *S. japonicus*).

Identificación de *Decapterus macarellus* mediante PCR-RFLP

La digestión de los fragmentos amplificados (CB12 y CB34) de tejido de la muestra la referencia la especie *D. macarellus*, produce los patrones esperados (Tabla 1, Figura 3). En el caso de la muestras problema analizadas los patrones de PCR-RFLP coinciden con los patrones observados para las muestras de referencia de la caballa macarela (Figura 3). En consecuencia, se concluye que la materia prima detectada y utilizada en la elaboración de las conservas analizadas corresponde a *D. macarellus*.

Este método constituye una alternativa al basado en el análisis comparativo de secuencias, evitando el requerimiento de secuenciación de fragmentos de PCR y permitiendo una robusta identificación de muestras problema.

Tabla 1. Patrones de PCR-RFLP esperados para los fragmentos CB12 y CB34 en el citocromo b de *D. macarellus*.

| Fragmento | Enzimas | Sequências reconocidas | Cortes esperados |
|-----------|---------|------------------------|------------------|
| CB12 | Mbo I | 5'-GATC- 3' | 71/127 |
| | Hph I | 5'-GGTGA(N)8- 3' | 57/141 |
| CB34 | Mbo I | 5'-GATC- 3' | 157/24 |
| | Aci I | 5' -CCGC- 3' | 115/66 |

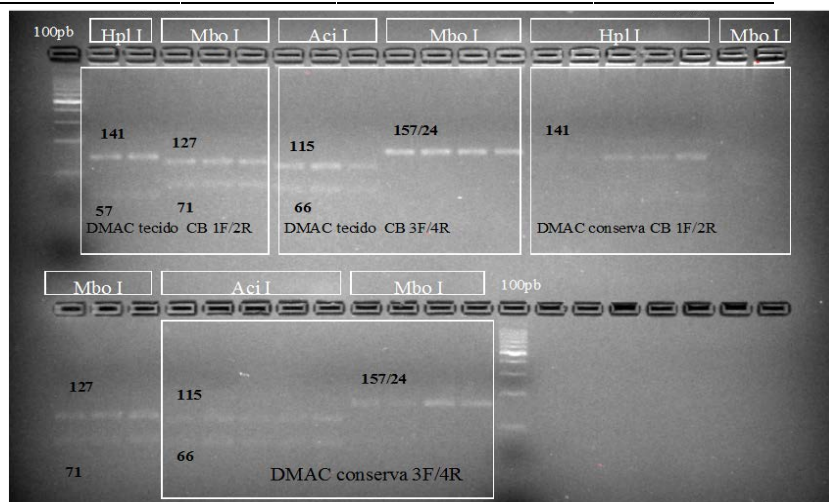


Figura 1. Patrones de RFLP obtenidos tras la digestión de los fragmentos CB12 y CB34 do Citocromo b con las enzimas de restricción *Mbo I*, *Hph I* y *Aci I*. Se incluyen los ADN de referencia de la especie *Decapterus macarellus* e ADN problema extraído de muestras de conservas comerciales.



Detección de *D. macarellus* en conservas por PCR específica

La PCR-específica constituye un método eficaz para el cribado (*screening*) de muestras interrogándolas por la presencia de ADN, en este caso, perteneciente a la caballa macarela, *D. macarellus*. Permite con una única PCR y con la verificación de la presencia de amplificación, detectar ese ADN.

Así a partir de la evaluación in-silico de los cebadores, en las muestras de referencia se evaluó la eficiencia y especificidad de los cebadores DMAC CR 1F y DMAC CR 2R. Se detectó la presencia de *Decapterus macarellus* (Figura 1) en congruencia con los resultados obtenidos por las otras metodologías previamente consideradas.

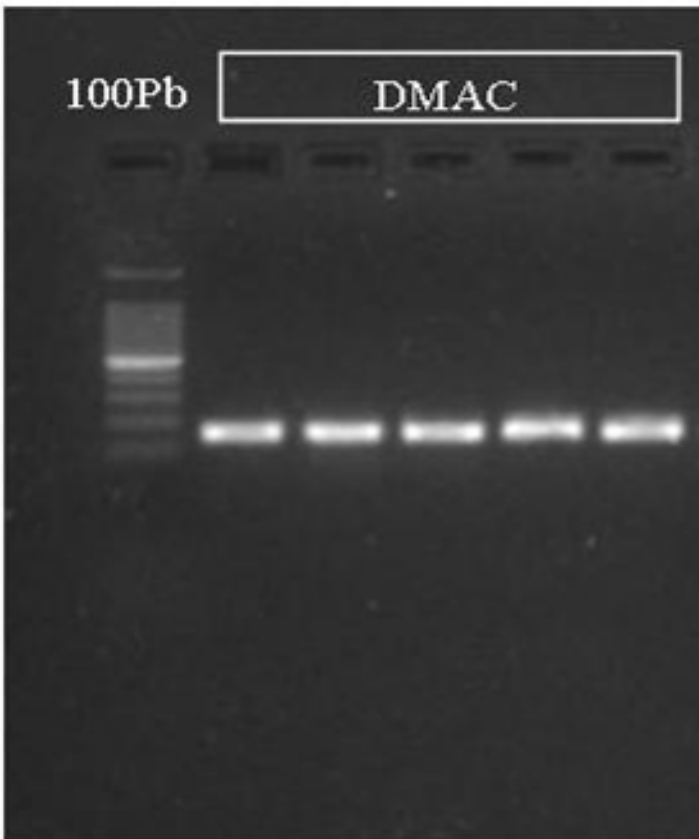


Figura 2. PCR específica en muestras de tejidos preservados, utilizando el juego de cebadores específico (Dmac-CR-1F/2R) para la región control de *Decapterus macarellus*.



Identificación de especies de túnidos en productos en conserva por análisis comparativo de secuencias

El análisis identificativo de muestras de túnidos en conservas se llevó a cabo mediante el análisis comparativo de secuencias del fragmento B126 del citocromo b, incorporando secuencias de muestras locales de referencia e información homóloga del Genbank.

La mayoría de los individuos identificados como *Katsuwonus pelamis*, se agrupan en el mismo cluster, con una escasa distancia intra-específica, incluyendo conservas de los productores analizadas y etiquetadas como “*Katsuwonus pelamis/Thunnus* spp. No se ha detectado materia prima perteneciente a las valiosas especies del género *Thunnus* en dichas muestras (Figura 3).

En relación con el género *Auxis*, se observa que individuos identificados como *Auxis rochei*, se agrupan en el mismo clado, incluyendo las conservas etiquetadas como “*Auxis* spp” y producidas por la compañía A. En cuanto a las conservas producidas por la compañía B, y etiquetados como “*A. thazard*”, estas se agrupan con los individuos y secuencias de referencia identificados como *A. thazard* (Figura 3).

Identificación de especies de túnidos mediante PCR-RFLP

Los productos de PCR del fragmento B126, tanto de especies de referencias como de productos en conserva, fueron digeridos utilizando las enzimas de restricción *MboI* y *MnII* para generar los patrones específicos de las especies implicadas (Tabla 2).

Los resultados son congruentes con los observados tras el análisis de secuencias. Así, el patrón de digestión observado para la especie de referencia *K. pelamis*, es el mismo observado para las conservas etiquetadas por las compañías analizadas como “*K. pelamis/Thunnus* spp”, determinándose únicamente como elaboradas a partir de *K. pelamis* en exclusiva. También en las muestras de *Auxis* spp. se detectan las especies *A. thazard* y *A. rochei* (Figura 4).

Tabla 2. Tamaño de los fragmentos esperados tras la digestión de los productos de PCR del fragmento B126 con las enzimas de restricción *MboI* e *MnII*.

| | <i>MboI</i> , Sau3AI ^GATC | <i>MnII</i> CCTC |
|-----------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Fragment B126 L15424/H15573 | | |
| <i>T. albacares</i> | 47/129 | 21/25/35/43/52 |
| <i>K. pelamis</i> | 176 | 60/49/43/24 |
| <i>A.thazard</i> | 146/30 | 103/52/21 |
| <i>A.rochei</i> | 146/30 | 78/73/25 |



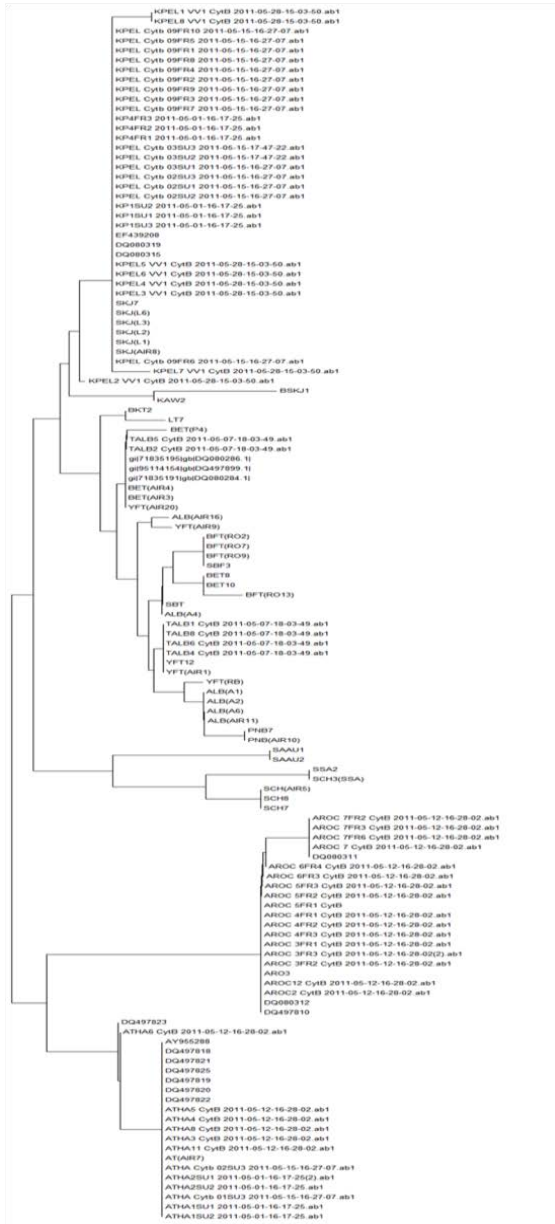


Figura 3. Árbol de neighbor-joining (MEGA) usando el modelo Tamura-Nei, construido en base a las secuencias del fragmento B126 del gen citocromo b. Los códigos de las secuencias de mayor interés son ATHA, para *Auxis thazard*, AROC para *A. rochei*, KPEL o SKJ para *Katsuwonus pelamis*, TALB o YFT para *Thunnus albacares* y BET para *T. obesus*. Las muestras de conservas comerciales incorporan SU o FR en su código.



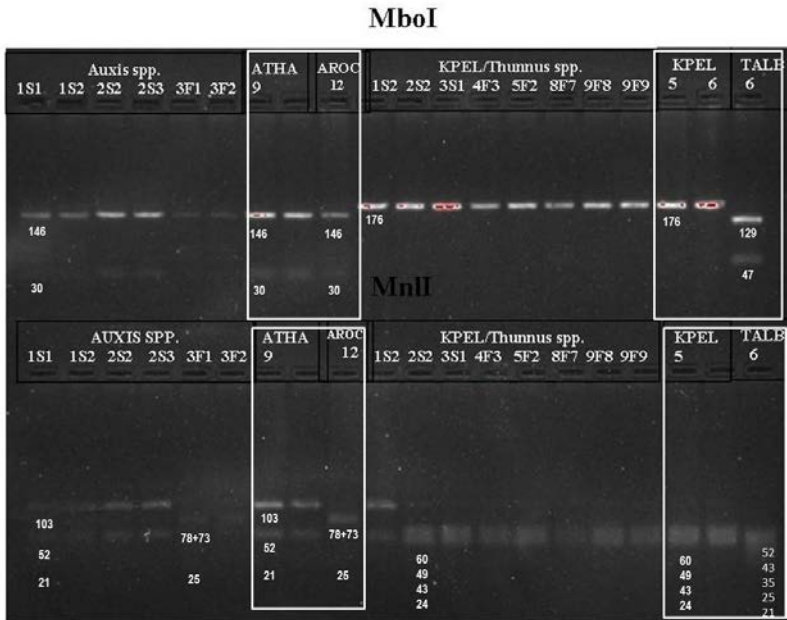


Figura 4. Fotografía del gel de agarosa Metaphore 3,5%, mostrando la digestión del fragmento B126 con las enzimas de restricción *MboI* e *MnII*, para las especies de referencia (en recuadro blanco) *T. albacares*, *K. pelamis*, *A. rochei*, *A. thazard* y para las conservas de túnidos.

Referencias

Quinteiro J (2011) *Filogenia molecular, estructura poblacional y trazabilidad genética de escómbridos (Pisces: Scombridae)*, Universidad de Santiago de Compostela.

Quinteiro J, Sotelo CG, Rehbein H, et al. (1998) Use of mtDNA direct polymerase chain reaction (PCR) sequencing and PCR-restriction fragment length polymorphism methodologies in species identification of canned tuna. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 46, 1662-1669.



Desarrollo sustentable de la pesca de pequeña escala en la Provincia de Santa Cruz, Patagonia Argentina

L. A. Pellanda*, L. A. Lloreda**

Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias, Delegación Puerto Santa Cruz, Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Cruz, República Argentina.

*E-mail: *pellandaluis@hotmail.com, **lloreda_laura@hotmail.com*

Resumen

Desde el año 2006, el Ministerio de la Producción de la Provincia de Santa Cruz, a través de la Subsecretaría de Pesca y Actividades Portuarias de la localidad de Puerto Santa Cruz, viene implementando un Programa de Desarrollo de la Pesca Artesanal de Pequeña Escala, en el ámbito geográfico provincial. Él mismo se enmarca metodológicamente en el estudio sistémico de la pesca integrando los subsistemas del ambiente natural, económico-productivo y jurídico-institucional. Se aplicó así una estrategia para el fortalecimiento de la cadena productiva de la pesca artesanal manual costera, regional y local, que permita al pescador artesanal la identificación de oportunidades para el mejoramiento de su calidad de vida. Se identificaron, priorizaron y formularon alternativas sostenibles y rentables basadas en la producción de alimentos de origen pesquero, a partir de la incorporación de nuevas tecnologías y capacitaciones a las comunidades de pequeños pescadores, con el objetivo de fortalecer y promover alternativas de sostenibilidad económica y uso racional de los recursos naturales. Para lograr estas metas se llevaron a cabo las siguientes actividades: Se determinó la potencialidad pesquera del recurso; se evaluaron las necesidades de infraestructura pesquera óptimas para acceder a los caladeros en estuarios y bahías; se realizó un estudio de mercado de productos pesqueros; se brindó apoyo técnico a organizaciones de pescadores para la formulación e implementación de proyectos; se realizaron actividades de capacitación y transferencia de tecnología en producción y postproducción a los beneficiarios del programa; se acompañó a las asociaciones de pescadores-productores durante el desarrollo y la implementación de los proyectos hasta su finalización; se brindó apoyo económico y financiero organizaciones de pequeños productores para iniciar su proyecto productivo; se promocionó a nivel local, regional, nacional e internacional la incorporación de productos de origen pesquero con marca regional elaborados artesanalmente; se instaló un centro comunitario



municipal, habilitado y equipado con nueva tecnología, para la elaboración de conservas de pescado y derivados. Este proyecto permite avanzar en el manejo sustentable de la pesca de pequeña escala. Es una importante contribución que brinda apoyo para la generación de una actividad económica rentable.

Palabras clave

Desarrollo sustentable, pesquería de pequeña escala, enfoque sistémico.

Introducción

En la provincia de Santa Cruz, Patagonia Argentina, se desarrolla desde hace varios años la actividad de pesca artesanal manual costera. Es una actividad de captura y recolección de peces y mariscos, regular (todo el año), o zafral (con temporadas definidas), que utiliza técnicas relativamente sencillas y con un alto componente de trabajo manual en el esfuerzo de pesca (Ley N° 2934/2006). Se encuentra instalada con mayor o menor actividad en casi todas las localidades costeras de la provincia a lo largo de sus más de 1.000 kilómetros de costas. Es una actividad que nuclea a pescadores artesanales y sus familias, con un gran trabajo de índole manual y que se realiza inclusive en estuarios y bahías de los pueblos costeros.

El pescador de pequeña escala utiliza artes de pesca no invasivos del medio ambiente por lo cual el impacto sobre la población de peces es bajo. Dichos artes por lo general lo conforman redes de enmalle de distinto tamaño de malla, caladas durante el inter mareal, por lo que representa un tipo de pesca pasiva, dado que esperan que baje la marea para ir a recoger las capturas del día. También se utilizan redes de arrastre desde costa, espineles y líneas de tres anzuelos.

Normalmente se auxilian con pequeñas embarcaciones de madera o de casco de fibra de vidrio, de 5 a 6 metros de eslora propulsados por motores fuera de borda de 40 a 55 HP de potencia, utilizando también propulsión a remo cuando efectúan la pesca de arrastre desde la costa.

Las especies objeto de explotación comercial quedan representadas por el Róbalo patagónico (*Eleginops maclovinus*), la Palometa pintada (*Paronna signata*), la Sardina fueguina (*Sprattus fueguensis*) y el Pejerre y patagónico (*Odontestes* sp.), siendo estas especies de ocurrencia estacional en las aguas de estuarios y bahías de la región. En muy pequeña escala, el pescador manual de la provincia realiza también la recolección sobre bancos descubiertos por la marea de moluscos bivalvos tales como mejillones y cholgas, principalmente en las localidades de Puerto San Julián, Puerto Deseado y Río Gallegos, en donde esta actividad es considerada con bajo valor agregado y como pesca de subsistencia o de consumo.





Figura 1. Ubicación de la localidad de Puerto Santa Cruz, Santa Cruz, Argentina.

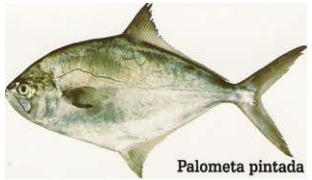
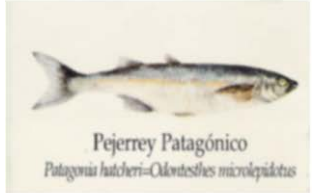


Figura 2. Principales especies de peces objeto de la pesquería de pequeña escala.



Los volúmenes de captura de peces de interés comercial son variables y el esfuerzo de pesca está dado por la cantidad de redes de enmalle caladas en la costa que puede variar desde tres a diez por marea. Los registros obtenidos muestran capturas que van desde los 3.600 Kg hasta 120 Kg dependiendo del esfuerzo aplicado en cada caso (Fig.3).



Figura 3. Registro de capturas (Kg).



El análisis económico y productivo de la pesquería de pequeña escala ha tenido como principal objetivo el producir un diagnóstico de la situación que permita elaborar las líneas estratégicas para lograr el desarrollo sustentable de la actividad a partir de la puesta en valor de los recursos pesqueros regionales. Teniendo como eje el logro de capacidades científicas y tecnológicas por parte del pescador artesanal regional es que a través del Programa se ha avanzado en lograr su equipamiento en embarcaciones, artes de pesca apropiados, capacitaciones e introducción de nueva tecnología que les posibilite el agregado de valor a sus productos pesqueros.

Materiales y métodos

La investigación biológica consistió en muestreos estadísticos de las capturas comerciales registrando peso total entero y por especie. Además se realizaron mediciones de talla y de peso total entero para construir histogramas de frecuencias. Se utilizó la distribución de frecuencias de tallas para determinar la posibilidad de existencia de hermafroditismo secuencial en la población de róbalo patagónico la especie más abundante en las capturas.

En el año 2006 se realizó una Investigación de Mercado con el propósito de identificar la potencialidad de inserción de productos de origen pesquero de tipo artesanal. Paralelamente, se analizó la oferta mediante encuestas exhaustivas en profundidad a pescadores y a partir de la observación de la actividad pesquera de pequeña escala tomando como muestra la localidad costera de Puerto Santa Cruz. De esta manera investigaron aspectos claves como infraestructura pesquera, acceso a mercados, acceso a financiamiento y capacitaciones.

Se planificó estratégicamente el Desarrollo Productivo Sustentable de la Pesca Artesanal en el Estuario del Río Santa Cruz.

Resultados

Desde el punto de vista biológico la diversidad en las capturas queda representada por el róbalo, la palometa, el pejerrey, la perca y sardina fueguina, siendo el róbalo la especie más abundante en todas las capturas registradas. El róbalo patagónico constituye en toda la provincia el principal recurso comercial del pescador.

El diagnóstico económico y productivo del sector en la región permitió concluir la presencia de una importante demanda insatisfecha en cuanto al acceso al producto pesquero local y determinó la existencia de una oferta escasa y con significativas carencias de infraestructura y recursos en el sector.

Ante este escenario surgen las siguientes líneas de acción para modificar la situación detectada:



Capacitaciones

Artes de pesca como palangres, redes, línea de anzuelos. Manipulación Higiénica Sanitaria de Alimentos de Origen Pesquero. Navegación segura en el Estuario. Elaboración de ahumados, conservas, pescado salado y seco y gastronomía regional. Marketing y comercialización de productos pesqueros.

I+D+i

Se realizó investigación aplicada de las características medioambientales y de los recursos del estuario con potencial de aprovechamiento productivo.

Investigación de Mercado Regional y análisis en profundidad del sector pesquero artesanal.

Desarrollo de metodología de pesca aplicable al estuario del Río Santa Cruz.

Desarrollo de productos de origen pesquero.

Innovación en metodología aplicable para impulsar el desarrollo del sector, interrelacionando diversas actividades locales como eslabones de una misma cadena de producción y coordinando objetivos entre diferentes sectores, que apunten a la sustentabilidad.

Innovación en derivados del Róbalo, productos únicos en su tipo.

Captación de Financiamiento

Participaron como soporte financiero y de supervisión técnica en cada etapa del Programa, las siguientes organizaciones: GEF de Banco Mundial, Embajada de Australia, Fundación Vida Silvestre Argentina, Ministerio de la Producción, Municipalidad de Puerto Santa Cruz, Concejo Federal de Ciencia y Tecnología, Consejo Federal Inversiones, Administración de Parques Nacionales.

Desarrollo de Infraestructura

En el año 2008 se creó el Centro de Eslabonamiento Productivo Municipal con equipamiento completo para almacenar, procesar, cocinar y esterilizar industrialmente pescado fresco y conservas. Este espacio, habilitado a nivel nacional, cuenta con una autoclave estática vertical que permite a los pequeños emprendedores producir conservas industrialmente.

Se logró la incorporación de lanchas, redes y elementos de seguridad para los pescadores y se brindó a los beneficiarios materiales (frascos, ollas, útiles, envases, bandejas, etc.) y materias primas para la producción de pescado fresco y sus derivados.

Se logró la firma de un convenio con una planta pesquera de la zona, que otorga a los pescadores artesanales un espacio de almacenamiento en caso de grandes capturas.

Se gestionó para cada producto el diseño e implementación de un packaging adecuado con los requerimientos de ley. Y se gestionó el análisis que determina los valores nutricionales de cada conserva de pescado. Los pescadores accedieron a embarcaciones con motor fuera de borda y diferentes artes de pesca como red de arrastre playero, redes de enmalle y palangres.



Desarrollo de la Producción

A partir del pescado fresco, principalmente el Róbalo (*Eleginops maclovinus*), se desarrolló la producción de conservas de Róbalo en Salsa de Tomate y Róbalo en Escabeche.

Las etapas de captura, procesamiento, almacenamiento y manipulación, tanto como los aspectos técnicos del proceso productivo, fueron coordinados y supervisados desde este Programa.

Los productos terminados cuentan con su correspondiente Registro Nacional de Producto Alimenticio y son factibles de ser comercializados en supermercados. Surge como resultado un grupo asociativo de pescadoras que producen Conservas de Róbalo del estuario del río Santa Cruz.

Puesta en Valor y Comercialización

Desde el Programa se trabajó interrelacionando la pesca artesanal con sectores conexos como la gastronomía y el turismo. Se brindaron capacitaciones en gastronomía regional a restaurantes locales y a la comunidad en general, y se promocionaron los recursos del estuario y los productos pesqueros en ferias y exposiciones de turismo y gastronomía, a nivel regional y nacional. Se facilitó a los productores materiales e insumos para promocionar sus productos, así como el acceso a canales de comercialización adecuados, generando desde el Programa, vínculos comerciales con centros turísticos regionales y nacionales (Fig.4).



Figura 4. Eventos de promoción y difusión de aspectos productivos de la pesquería de pequeña escala en Santa Cruz, Argentina.

Discusión

La pesca de pequeña escala en la provincia de Santa Cruz se encuentra escasamente desarrollada. Si bien está presente en todas las localidades costeras,



la magnitud de las capturas, la escasa infraestructura instalada específicamente para el sector, la falta de continuidad en la actividad de los pescadores, el escaso valor de mercado de las especies capturadas, y la dificultad de los pescadores para acceder a mercados adecuados, entre otros factores, califican a esta actividad como una actividad incipiente, de bajo aprovechamiento.

A través del **Programa de Desarrollo de la Pesca Artesanal de Pequeña Escala** implementado por el Ministerio de la Producción de la provincia se han aportado importantes herramientas para el desarrollo y afianzamiento de la actividad con el convencimiento de que puede posicionarse como un impulsor del desarrollo local. Dichas herramientas han permitido superar exitosamente algunas de las debilidades encontradas que suponían un desafío científico tecnológico.

Es así que los pescadores artesanales manuales costeros cuentan en la actualidad con la infraestructura básica para poder desarrollar la actividad desde la captura hasta la elaboración y comercialización de los productos terminados.

Cada objetivo del Programa pretende contribuir al desarrollo local y la inclusión social, aportando a la creación de un escenario propicio para que los pescadores artesanales y sus familias puedan mejorar su calidad de vida y convertirse en micro-emprendedores.

El programa actualmente continúa con la implementación de una nueva etapa a partir de la captación de una línea de financiamiento específica para desarrollo productivo del Consejo Federal de Ciencia, Tecnológica e Innovación Productiva de la Nación.

Esta etapa contempla, entre otros aspectos, la producción de pescado ahumado mediante la incorporación de un ahumadero en el Centro de Eslabonamiento Productivo Municipal, que permitirá diversificar la producción y potenciar el avance del sector.

Este Programa, ha logrado desde el año 2006 hasta la fecha construir un atractivo escenario en torno a la pesca artesanal brindando herramientas de desarrollo a la sociedad local y respetando los principios de sostenibilidad ecosistémica aunando criterios ambientales, económicos, sociales y político- jurídicos que han sido la premisa básica desde los inicios de este trabajo.

La pesca artesanal en el estuario representa una gran posibilidad para posibles inversores. Si bien el escaso valor de mercado de las especies regionales plantea un gran desafío en términos de agregado de valor y comercialización, la existencia del Róbalo como especie predominante, es sinónimo de exquisitez y calidad. De carne blanca y fina, y con gran versatilidad culinaria, se presenta como un gran recurso para el progreso del sector.

Agradecimientos

Gran parte de esta investigación fue financiada por el Concejo Federal de Inversiones (CFI) y el Ministerio de la Producción de Santa Cruz.



Referencias

- Barrera, E. (2006). Una Estrategia Cultural para el desarrollo Rural Mexicano. Conaculta. Mexico.
- Burnett, K.A. (2000). Taste of Tradition: A critical examination of the relationship between heritage, food and tourism promotion in Scotland. Organización Mundial del Turismo. Local Food Ando Tourism International Conference. Larnaka, Chipre 9-11 November 2000.
- Calvo J, Morriconi E, Rae G, San Román N. (1982). Evidence of protandry in a Subantarctic Notothenoid, *Eleginops maclovinus* (Valenc., Cuv., 1830) from the Beagle Channel (Argentina). *J.Fish Biol.* 40:157-164.
- Defeo O, Horta S, Carranza A, Lecardi D, de Álvara A, Gómez J, Martínez G, Lozoya JP, Celentano (2009). Hacia un Manejo Ecosistémico de Pesquerías. Áreas Marinas Protegidas en Uruguay. Facultad de Ciencias – DINARA, Montevideo, 12 pp.
- Eastman, J.T. (1993). Antarctic fish biology. Evolution in a unique environment. Academic Press, New York, p.322.
- Fergusson A. La cuestión Ambiental y el Desarrollo Endógeno. Laboratorio de Socioecología. Facultad de Ciencias –UCV- Venezuela.
- FAO (2006). Aplicación práctica del enfoque de ecosistemas en la pesca. Roma 2006.
- FAO (2010). La Ordenación Pesquera. 2. El enfoque ecosistémico de la pesca. 2.2. Dimensiones humanas del enfoque ecosistémico. FAO. Orientaciones Técnicas Para La Pesca Responsable. Vol. 4. Supl. 2. Add. 2. Roma. 2010.
- FAO (2006). Principios y enfoques de manejo pesquero.
- Fischer Johanne (2013). La Caja de Herramientas de la FAO para la aplicación del enfoque ecosistémico al manejo de las pesqueras. FAO. Roma. Frente Marítimo Vol. 23-23-28. 2013. www.fao.org/fishery/eaf-net/topic/166272/en
- Fundación del Sur para el Desarrollo Tecnológico (FUNDASUR). Análisis de la viabilidad de una planta de aluminio y urea en la provincia de Santa Cruz. Unidad de Vinculación Tecnológica. SECYT 105/94.
- Guzmán, L. y Campodónico, I. (1973). Algunos aspectos de la biología de *Eleginops maclovinus* (Cuv. y Val.) 1830, con especial referencia a su morfometría, caracteres merísticos y alimentación. *Ans. Inst. Pat., Punta Arenas (Chile)* 4:1-3.
- Hart, T.J. (1946). Report on trawling surveys on the Patagonian continental shelf. *Discovery Reports* 23:223-408.
- Jorigné Emmanuelle (1997). El Desarrollo Sustentable y las Represas Hidroeléctricas. *Ecosignos Virtual*, Año 2, Número 2, 1997.
- Laurelli Elsa y Schweitzer Alejandro (2005). La formación de regiones transfronterizas en el espacio de la Patagonia Austral- *Revista de Estudios regionales*, 74:96.
- Lopez, R.B. (1963). Problemas sobre la distribución geográfica de los peces suramericanos. *Mus. Arg. Cs. Nat. B. Rivadavia. Hidrobiología.* 1:111-135.
- Lloreda Laura (2007). Estudios de Factibilidad Económica de Emprendimientos en Comunidades Vecinas al Parque Nacional de Monte León. Asesoramiento técnico para la Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA).
- Lloreda Laura (2008). Turismo en Puerto Santa Cruz, Una Propuesta de Desarrollo. Municipalidad de Puerto Santa Cruz, Provincia de Santa Cruz.



- Martín, J.P. y Bastida, R. (2008). Contribución de las comunidades bentónicas en la dieta del róbalo (*Eleginops maclovinus*) en la ría Deseado (Santa Cruz, Argentina). *Lat. An. I. Aquat. Res.* 36 (1):1-13.
- Miguel A. Pascual, Carla M. Riva Rossi, Martín García Asorey y Luis Pellanda (2005). Un análisis preliminar de los potenciales impactos de la construcción de las represas “Cóndor Cliff” y “La Barrancosa” sobre la fauna de peces del Río Santa Cruz. Reporte Técnico GESA 01/05, CENPAT-CONICET y Subsecretaría de Pesca de Santa Cruz, Delegación de Pesca de Puerto Santa Cruz.
- Pellanda Luis y Lloreda Laura (2006). Evaluación de los recursos pesqueros costeros de Santa Cruz. Proyecto de Conservación de la Biodiversidad, Subcomponente de Desarrollo Sustentable ML 03/04 GEF/BIRF. Subsecretaría de Pesca de la Provincia de Santa Cruz, Delegación de Puerto Santa Cruz.
- Pellanda Luis y Lloreda Laura (2008). Introducción al manejo Integrado de Zonas Costeras y Marinas. Evaluación de los recursos naturales de Puerto santa Cruz, un enfoque ecosistémico. Posgrado en Manejo Integrado de Zonas Costeras. FLACSO. 2008.
- Pellanda Luis, Lloreda Laura, Victoria Julio Cesar (2011). Plan Estratégico Territorial de Puerto Santa Cruz. PET-PSC 2016. Municipalidad de Puerto Santa Cruz. Provincia de Santa Cruz.
- Pequeño, G. (1989). The geographical distribution and taxonomic arrangement of South American notothenidae fish (Osteichthyes, Notothenidae). *Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile* 60:183-200.
- Santesmases Mestre, M. (2009). Diseño y Análisis de Encuestas en Nivel Social y de Mercado. Madrid, España. Edic. Pirámide.
- Shepherd Gill (2006). El Enfoque Ecosistémico. Cinco Pasos para su Implementación. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. x+ 30 pp.
- William, G.Z. (2000). Investigación de Mercados-Oklahoma State University. Prentice-Hall Hispano Americana S.A.



Juveniles de la lisa *Mugil curema* (Actinopterygii: Mugilidae) en la Laguna Bocaripo, norte de la Península de Araya, Venezuela

Ruiz¹ L. J., Prieto¹ A. S., Pérez² M., Bello² J., Aponte² A.

¹Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Venezuela.

²Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán, UDO.

E-mail: liliaruiz@cantv.net

Resumen

Las especies de Mugilidae en conjunto tienen mucha importancia económica en las pesquerías de Venezuela, donde es un recurso explotado por los pescadores artesanales. El objetivo del presente estudio fue determinar la distribución, abundancia y tallas de la especie *Mugil curema* en la Laguna Bocaripo, caracterizada por presentar formaciones de manglares y una diversidad de hábitats que originan una alta productividad. Se realizaron muestreos mensuales diurnos, desde noviembre 2006 hasta julio 2008, en siete estaciones (E1-E7), cuatro ubicadas en el interior de la laguna, una en la boca y dos en el parte externa. Para los muestreos se utilizó un tren de arrastre playero de 60 m de largo por 5 m de alto, con una abertura de malla de 0,8 cm en el copo. A cada ejemplar se le midió la longitud total (LT) y estándar con un ictiómetro de 1mm de precisión y el peso con una balanza digital de 0,01 g de precisión. El análisis de la distribución de frecuencias de talla se realizó mediante histogramas. Se recolectó un total de 1210 organismos con un peso 5,913 kg. Presentó un intervalo de longitud total de 2,2 a 14,5 cm (promedio de $6,878 \pm 2,065$ cm); la distribución de tallas fue bimodal con las mayores frecuencias entre 5,4 y 10,4 cm de LT (70,66 %); las máximas colectas se obtuvieron desde marzo a julio (989 ejemplares) siendo más abundantes en mayo y junio (665 organismos), principalmente en E4 y E7 ubicadas cerca de la boca y litoral adyacente, caracterizadas por la presencia de *Thalassia testudinum*. Los resultados indican que esta laguna constituye un importante hábitat de alimentación y cría para la especie, pudiendo ser utilizada en futuros estudios de crecimiento y recolección de juveniles para acuicultura.



Palabras clave

Abundancia, distribución de talla, relación longitud-peso.

Introducción

Mugil curema (Valenciennes, 1826) conocida en Venezuela como lisa es un pez marino perteneciente al orden Mugiliformes y a la familia Mugilidae, es de amplia distribución en aguas costeras y eurihalinas en el Atlántico occidental desde Nova Escocia, Bermudas, golfo de México y en el Pacífico oriental desde el golfo de California hasta Chile (Nirchio *et al.*, 2005). Los adultos son abundantes en áreas externas de la plataforma continental, donde generalmente desovan (Marín *et al.*, 2003), mientras que los juveniles son comunes en bahías, estuarios, lagunas costeras y otras áreas de vegetación sumergida (Castello-Rivera *et al.*, 2002), con adaptaciones alimentarias de diversos orígenes (Drake *et al.*, 1984) desde el punto de vista económico, constituye un importante recurso pesquero en algunas localidades costeras de Venezuela alcanzando hasta el 30% de la captura obtenida con artes poco selectivas (Toledo *et al.*, 1997).

En Venezuela, a pesar de su importancia son pocos los trabajos realizados sobre la especie y solo se conocen aspectos ecológicos (Angell, 1973), taxonómicos (Cervigón, 1993), datos de la estructura de tallas y madurez sexual en la Ciénaga de los Olivitos, estado Zulia (Toledo *et al.*, 1992) alimentación en el Golfo de Cariaco, estado Sucre (Franco y Bashirullah, 1992); aspectos morfométricos (Nirchio *et al.*, 2005), reproductivos y de reclutamiento (Marín *et al.*, 2003). Dada la presencia de esta especie en zonas costeras del oriente de Venezuela y la escasa información que sobre ella existe, en la presente investigación se analizó la distribución de tallas de esta especie en la Laguna de Bocaripo, estado Sucre utilizando muestreos de largo término que aportaran datos ecológicos de referencia.

Materiales y métodos

La Laguna de Bocaripo se caracteriza por presentar formaciones de manglares y praderas de *Thalassia testudinum* que le confieren una gran diversidad de biotopos y una alta productividad biológica, aunque en los últimos años ha sido impactada por efectos antropogénicos que ha ocasionado una pérdida de su calidad ambiental (Pérez, *et al.*, 2006). Está ubicada en la Península de Araya, costa nororiental de Venezuela (10· 34' y 10· 36' N; y 64· 01' y 64· 04' W) con un área de 0.675 km² y solo recibe aportes de agua dulce durante la época de lluvia, con una boca que comunica con el mar Caribe (Ramírez, 1996), Fig. 1.



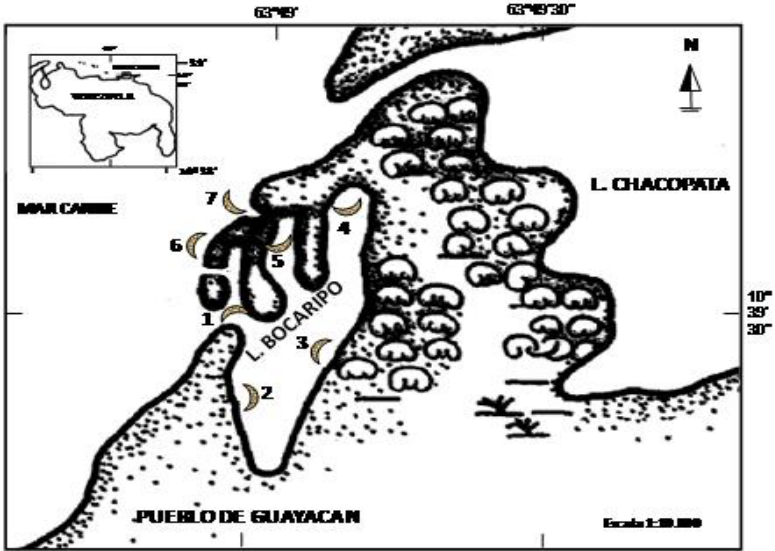


Figura 1. Área de muestreo de juveniles de *Mugil curema* de la Laguna de Bocaripo, Norte de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela.

Se realizaron muestreos mensuales diurnos desde noviembre 2006 y marzo 2007 en 7 estaciones, 4 ubicadas en el interior (2 a 5), una en la boca (1) y dos en la parte externa (6 y 7). Para las nuestras se utilizó un tren de arrastre playero de 60 m de largo, por 2.5 m de alto y abertura de malla en el copo de ½ pulgadas.

A los ejemplares capturado de *M. curema* se les determinó la longitud total (LT) en cm y el peso (g) los cuales se relacionaron a través de la formula $P = a L^b$ (Ricker, 1975). La composición por talla total se determinó a través de histogramas de frecuencia expresada en porcentaje con el programa Microsoft office Excel 2003. A los ejemplares se les determinó el sexo, de acuerdo a observaciones macroscópicas de las gónadas y se determinó la proporción sexual, aplicando la prueba Ji cuadrado (Holden y Raitt, 1975).

Resultados

Se muestreo un total de 1210 ejemplares juveniles, además se registraron 11 organismos que representaron menos del 1 % del total, con tallas comprendidas entre 15,4 y 27,3 cm de LT (Promedio $20,3 \pm 3,59$ cm). El análisis total de la estructura en tallas de los juveniles de la población de la lisa *M. curema* en la Laguna de Bocaripo indicó que varió fundamentalmente entre 2,2 y 14,6 cm de longitud con un primer grupo modal con tallas entre 3,00 y 6,00 cm con un



promedio de $4,39 \pm 0,65$, que representó el 26,61 %. El segundo grupo modal estuvo comprendido entre 6,20 cm y 10,20 que representó el 63,88 % y predominaron durante todo el periodo de muestreo. Se registraron muy pocos organismos en el segmento de la población comprendido entre 16.00 y 28.00 cm de longitud que constituyeron menos del 5% del total, obteniéndose un promedio total para todos los individuos de $6,99 \pm 2,43$ cm (Fig. 2).

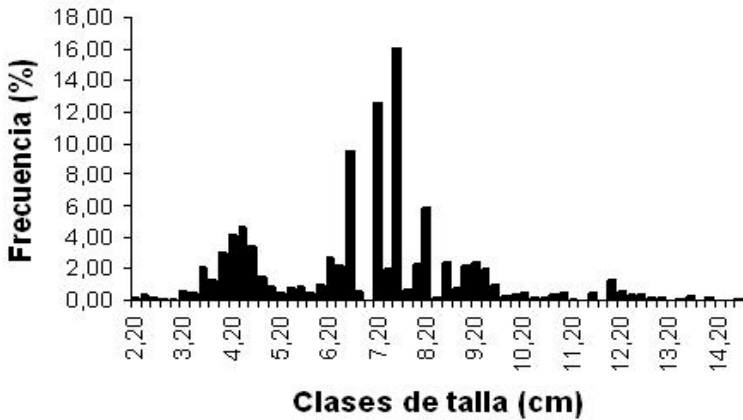


Figura 2. Distribución de frecuencia de talla de juveniles de *Mugil curema*.

La mayor abundancia de individuos de *M. curema* se observó en mayo, 2007 y la mínima en octubre 2007. En general se detectaron tres picos de abundancia en marzo, mayo y junio, 2007 con una notoria disminución desde este último mes hasta octubre 2007, donde se recolectaron muy pocos organismos. A partir de marzo 2007 hasta julio se observaron las mayores abundancia con un máximo en mayo (Fig. 3). En el análisis de la abundancia de individuos por estación se observó que la mayor cantidad se recolectó en las estaciones 4, 7 y 2 respectivamente y las menores en las 5, 6 y 1.

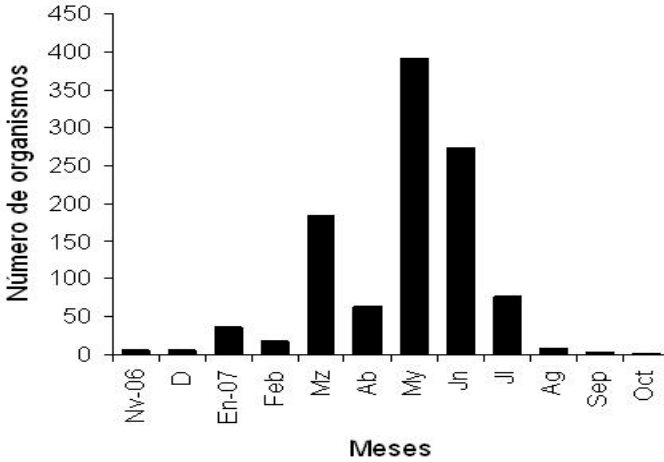


Figura 3. Número de organismos por meses de muestreo de juveniles de Mugil curema.

El valor de la pendiente b de la relación talla-peso fue estadísticamente igual a 3 ($p < 0,001$; $R^2 = 0,974$), siendo la ecuación. $P = 0,0112LT^{3,022}$ (Fig. 4). Esto indica un crecimiento isométrico

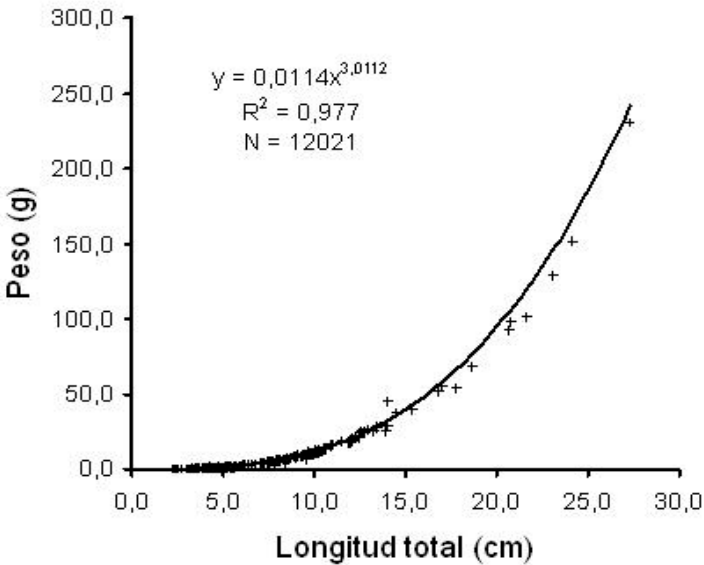


Figura 4. Relación talla-peso de juveniles de Mugil curema.



Discusión

Los análisis temporales de distribución en tallas de *M. curema* en la Laguna de Bocaripo, indican que el área es utilizada principalmente como zona de alimentación, ya que aproximadamente el 90% de los peces colectados estaban contenidos en el intervalo entre 2.5 y 6.0 cm de LT (Fig. 2), con edades probables que no sobrepasaban los 13 meses según las estimaciones de Aguirre *et al.* (1999), y muy pocos con longitudes superiores a 15 cm (1%) de LT, no existen investigaciones sobre el crecimiento en costas venezolanas, sin embargo para el Golfo de México se ha estimado una longevidad de 18.7 años con una alta tasa de crecimiento en la etapa juvenil en la cual machos y hembras alcanzan la madurez reproductiva a una talla mínima de 18 y 20.8 cm de Lt que alcanzan a los 2 y 3 años respectivamente (Aguirre y Gallardo-Cabello, 2004). La escasa presencia de peces adultos en la laguna también podría explicarse por la fuerte presión pesquera que existe en la zona.

La mayor abundancia de individuos observados en mayo, junio y julio 2007, así como la disminución numérica de peces colectados desde agosto, 2007 hasta diciembre, 2007 coinciden con reportes previos sobre la abundancia de la especie en el Golfo de México y otras áreas del Caribe (Schauss, 1977; Ditty y Shaw, 1996), y estaría relacionada con el ciclo migratorio de los prejuveniles y juveniles desde aguas oceánicas hacia estuarios y lagunas después del desove de adultos a inicios del año, aunque la estación reproductiva en esta especie varían según la localidad y el rango de distribución (Marín *et al.*, 2003).

La alta proporción de juveniles en la zona con una longitud promedio de 6,88 cm de LT indicaría un reclutamiento continuo de la especie y la escasez de adultos se explicaría también no solo por el hábitat lagunar sino por la fuerte presión pesquera a que estaría sometida la especie. Esta estructura de tallas es totalmente diferente a las reportadas en la Ciénaga los Olivitos, estado Zulia, en la cual la población estuvo conformada principalmente por adultos con una talla promedio entre 31.0 y 34.0 cm (Toledo *et al.*, 1993), e igualmente a una población del Golfo de Cariaco, en el cual se obtuvo un 28.39 % de tallas menores (Franco y Bashirullah, 1992).

Las relaciones peso total-LT indican que la especie presenta un crecimiento isométrico aun desde edades juveniles (3 cm LT) tal como ha sido previamente señalado (Anderson, 1957) y las diferencias entre los valores máximos y mínimos en la pendiente *b* pueden atribuirse a las tallas de los organismos utilizados, y no a cambios en la condición fisiológica de los peces, ya que la relación global que incluyó todos los individuos confirmó la isometría perfecta de la población estudiada.

La mayor abundancia de peces colectados en las estaciones 7 (entrada); 2 y 4 (interior) en la laguna se debe a que estas presentan un sustrato con una mayor cobertura de *Rhizophora mangle* y *Thalassia testudinum* en comparación con las otras estaciones, lo cual brindaría mayor disponibilidad de recursos alimenticios,



aunque es probable que las dificultades inherentes al muestreo pudieron influir en estas diferencias.

Conclusiones

El análisis de los resultados obtenidos en este trabajo permite concluir lo siguiente:

- 1) La estructura de tallas de la población está conformada por un significativo porcentaje de individuos juveniles (95%) y escasa cantidad de ejemplares adultos (< 5 %).
- 2) La talla media de la población fue de 6,88 cm de longitud total.
- 3) La mayor abundancia de peces se observó en marzo, mayo y junio, 2007 con una disminución del número de individuos en los últimos meses de año.
- 4) La relación talla-peso fueron altamente significativas, con una relación global que indica un crecimiento isométrico.

Referencias

- Aguirre, A. L. y M. Gallardo- Cabello. 2004. Reproducción of *Mugil cephalus* and *Mugil curema* (Pices; Mugilidae) from a coastal lagoon in the Gulf of Mexico. Bull. Mar. Sci. 75:37-49.
- Aguirre, A. L. M. Gallardo y X. C. Carrara. 1999. Growth analysis of striped mullet *M. cephalus* and white mullet *M. curema* in the Gulf of Mexico. Fishery Bulletin 97 (4): 861-872.
- Angell, Ch. 1973. Algunos aspectos de la biología de la lisa *Mugil curema* Valenciennes, en aguas hipersalinas del Nororiente de Venezuela. Mem. Soc. Cienc. Nat. La Salle, 33 (96): 223-238.
- Anderson, W. W. 1957. Early development spawning, growth and occurrence of the selver mullet (*Mugil curema*) along the south Atlantic coast of Unite States. Fishery Bulletin 57:397-414.
- Cervigon, F. 1993. Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roque Vol II 2da Edición, Caracas, 497 pp. 1993.
- Ditty, J. G. and R. F. Shaw. 1996. Spatial and temporal distribution of larval striped mullet (*Mugil cephalus*) and white mullet (*M. curema*, Family Mugilidae) in the northern Gulf of Mexico, with notes of mountain mullet, *Agonostomus monticola*. Bull. Mar. Sci. 59:271-288.
- Drake, P, A. M. Arias y L. Gallego. 1984. Biología de los mugilidos (Osteichthyes, Mugilidae) en los esteros de las salinas de San Fernando (Cádiz). III Hábitos alimenticios y su relación con la morfometría del aparato digestivo. Inv. Pesqueras 48: (2): 337-367.
- Franco, L. y A. K. Bashirullah. 1992. Alimentación de la lisa (*M. curema*) del Golfo de Cariaco, Estado Sucre, Venezuela. Zoot. Trop. 10 (2): 219-239.
- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt. 1975. Manual de ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO. Fish. Tech. Pap (115).



- Marín, E., B. A. Quintero, A. Bussire, y J. Dodson. 2003. Reproduction and recruitment of White mullet (*M. curema*) to a tropical lagoon (Margarita Island, Venezuela) as revealed by otolith microstructure. *Fishery Bulletin* 101:809-820.
- Nirchio, M., R. Cipriani, M. Cestari y A. 2005. Cytogenetically and morphological features reveal significant differences among Venezuelan and Brazilian samples of *Mugil curema*. *Neotropical Ichthyology* 3: 107-110.
- Pérez, M., G. Martínez e I. Fermín. 2006. Metales traza biodisponibles en sedimentos superficiales de las lagunas Bocaripo y Chacopata, península de Araya, estado Sucre. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente* 45 (2): 61-91.
- Ramírez, P. 1996. Lagunas costeras venezolanas, Universidad de Oriente, Nueva Esparta. Editorial Bema 275 pp.
- Ricker, W. 1975. Methods for Assesment of fish production in fresh water. International Biological Programme, handbook N° 3. Blackwell Scientific Publications Oxford, 348 pp.
- Shauss, R. P. Jr. 1977. Seasonal occurrence of some larval and juvenile fishes in Lynnhaven Bay, Virginia. *The Amer. Midl. Natur.* 98: 275-282.
- Toledo, J., R. Guzman y G. Gómez. 1997. Contribución al conocimiento de la lisa *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) en la Ciénaga de los Olivitos, estado Zulia. Estructura de tallas y madurez sexual. *Zoot. Trop.* 15 (1) : 81-90.



Monitoreo del desembarco de pesca artesanal en el estuario del Río Chone, Ecuador, entre octubre 2013 y enero 2014

Débora Simón-Baile¹, Ana Reyes Lucas², Agustín Zambrano Ostaiza², Julián Álvarez Gracia²

¹Docente Investigadora. Escuela de Acuicultura y Pesquerías. Universidad Técnica de Manabí. PhD. en Oceanografía Biológica por la Universidad de Salamanca (España).

²Egresados de la Escuela de Acuicultura y Pesquerías. Universidad Técnica de Manabí.
E-mail: debora.simon.baile@gmail.com

Resumen

Entre octubre 2013 y enero 2014, se realizó un monitoreo del desembarco de pesca artesanal de lanchas con motor en Bahía de Caráquez, situada en el Estuario del Río Chone. El objetivo era elaborar un diagnóstico de la situación del recurso pesquero y las artes de pesca artesanales del Estuario que sirva para proponer medidas de manejo sostenibles. Durante los 24 días de monitoreo se desembarcaron 4 402,3 libras de pesca. Se identificaron un total de 34 especies y las 5 especies más abundantes fueron sierra (*Scomberomorus sierra*), pámpano (*Trachinotus sp.*), guapuro (*Polydactylus approximans*), corvina (*Cynoscion sp.*) y pinchagua (*Opistonema libertate*). La especie con mayor peso desembarcado fue la sierra del Pacífico que con 1 600 libras alcanza el 36,6 %, y triplica el peso de la segunda especie más abundante, el pámpano con 511,5 libras (11,7 %). Se monitorearon 57 pangas y las cooperativas de pescadores artesanales más activas fueron las de Leónidas Plaza, siendo Cabuyal el área de pesca más frecuente. El arte de pesca más utilizada fue el trasmallo 3 1/2", en 20 de las 57 pangas monitoreadas.

Palabras clave

Sierra del Pacífico, pámpano, artes de pesca, trasmallo, panga



Introducción

Por años, se ha considerado la pesca como un recurso natural ilimitado que podía ser explotado sin control alguno. Hoy en día estamos presenciando las consecuencias desastrosas de esa sobreexplotación: el declive continuo de las poblaciones de peces de interés comercial (Jackson *et al.* 2001). Esta sobrepesca provoca impactos irreversibles en el buen funcionamiento y el equilibrio de los ecosistemas marinos y costeros.

Dichos impactos no afectan exclusivamente a los ecosistemas marinos, también condicionan la calidad de vida de las comunidades que viven en las costas y que dependen directamente de la pesca como su principal fuente de ingresos económicos y de proteínas (Beitl 2010; Ruttenberg, 2001), encontrándose en muchos casos, en situaciones de subsistencia e incluso en el umbral de la pobreza. Estos pescadores artesanales de pequeña escala, mantienen prácticas tradicionales caracterizadas por un bajo nivel tecnológico y, a menudo, presentan una escasa organización interna. Sin embargo, representan más del 30 % del total de las capturas mundiales y de acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación suman más de 500 millones de personas en países en vías de desarrollo (FAO, 2012).

La pesquería artesanal de pequeña escala en países de América Latina como el Ecuador se encuentra generalmente en desventaja y en situaciones de vulnerabilidad debido a sus bajos ingresos, la carencia de infraestructura y de servicios sociales, las complejas interacciones de derechos pesqueros, la escasa implementación de políticas y control, una gestión ineficaz y el déficit en información científica actualizada, además de afrontar la degradación de sus ecosistemas marinos y la sobreexplotación de los recursos pesqueros (Epler y Olsen, 1993; FAO, 2005; Nazca, 2011).

En Ecuador, unas 59 616 personas realizan actividades relacionadas con la pesca artesanal, mientras que para la provincia de Manabí, que con 76 tiene el mayor número de caletas pesqueras a nivel nacional, serían unas 18 599 personas según el Viceministerio de Acuicultura y Pesca (2013). En las caletas pesqueras de Bahía de Caráquez y Leónidas Plaza, del cantón Sucre, existen tres cooperativas de pescadores artesanales (Alcívar y Mero, 2007). Si consideramos que cada cooperativa tiene un rango de 20-30 socios, a los que habría que añadir los pescadores artesanales independientes, estaríamos hablando de entre 100 y 150 pescadores artesanales en dichas caletas. Datos del Programa de Manejo de Recursos Costeros, PMRC (1999) señalan que el sector pesquero artesanal del Estuario del Río Chone desembarca menor volumen de pesca que el de otras áreas del Ecuador dedicadas a pesca blanca como Engabao, Playas o Puerto López.

El marco legal ecuatoriano contempla, en el Acuerdo Ministerial N° 080 del 19 de marzo de 1990, declarar área de reserva exclusiva para los pescadores artesanales la zona comprendida entre ocho millas náuticas medidas desde la



línea de perfil costero continental (Subsecretaría de Recursos Pesqueros-MAGAP, 1990). Por otra parte, el Acuerdo Ministerial N° 009 del 30 de enero del 2009 establece las directrices para el aprovechamiento sustentable de los recursos bioacuáticos en el Estuario del Río Chone (Subsecretaría de Recursos Pesqueros -MAGAP, 2009).

El objetivo de esta investigación científica es realizar un diagnóstico de la situación del recurso pesquero y las técnicas de pesca utilizadas por los pescadores artesanales del Estuario del Río Chone (ERC), que incluya un estudio de la principales especies, áreas de pesca y cooperativas más activas, de modo que sirva como línea base para proponer nuevas estrategias de manejo más responsable y sostenible con los recursos pesqueros del Ecuador. Y a más largo plazo sea semilla para la identificación de las principales tendencias, y con ello, para los procesos de ordenación pesquera y regulación del acceso a la pesca, y la formulación de políticas sectoriales y nacionales (Salas *et al.*, 2007).

Materiales y métodos

Entre octubre 2013 y enero 2014 se realizó un monitoreo exhaustivo del desembarco de pesca artesanal de lanchas con motor fuera de borda (pangas) en la zona denominada La Gabarra, situada en la desembocadura del Estuario del Río Chone, en la ciudad de Bahía de Caráquez. Los monitoreos se realizaron todos los martes y miércoles entre las 6:30 y las 9:00 coincidiendo con la hora de arribo de los pescadores. Para el monitoreo se diseñó una ficha de monitoreo (Figura 1) que para su validación fue contrastada con la ficha utilizada por la Inspectoría de la Subsecretaría de Recursos Pesqueros del Ecuador.

ESCUELA DE ACUICULTURA Y PESQUERÍAS (UTM) - (IX NIVEL)
ASIGNATURA: ECOLOGIA MARINA-PESQUERIAS & MANEJO INTEGRADO ACUÁTICO
MONITOREO DE DESEMBARCO DE PESCA ARTESANAL

| LUGAR : | | FECHA: | | HORA: | |
|---|------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Estudiantes que monitorean: | | | | | |
| ¿Alguna veda en vigor? | | | | Clara - Oscura | |
| Forma de conservación | | | ¿Dónde se vende? | | |
| Pesca incidental: Especie, cantidad, peso total aprox (lbs) | | | | | |
| Oficial-Chofer | | | Tamaño panga/motor | | |
| # de pescadores | | | Asociación-Cooperativa | | |
| ¿Dónde se pescó? | | | | | |
| Fecha y Hora zarpe-Fecha y hora de arribo: | | | | | |
| Especie | Peso total (lb) | Arte de pesca, diámtr. malla | Precio de venta (\$) | Tamaño (cm) - 5 individuos | Nombre y Matricula de embarcacion |
| | | | | | |

Figura 1. Ficha de monitoreo de desembarco de pesca artesanal.



Se utilizaron cámaras fotográficas para registrar las especies desembarcadas y proceder a la identificación, un metro para medir la longitud furcal (LF \pm 0.5 cm) (medida desde la punta del hocico del pez al inicio de la aleta caudal) de cinco individuos de las especies principales que eran seleccionados al azar y, las básculas de los comerciantes del mercado central de la misma ciudad, quienes adquirirían toda la pesca al momento del desembarco. Los datos fueron posteriormente analizados mediante una aplicación para hojas de cálculo. El análisis incluyó determinar la longitud promedio o media aritmética de cinco individuos por día de monitoreo, denominada también media muestral al ser el conjunto una muestra aleatoria.

Resultados y discusión

Durante el monitoreo se identificaron un total de 34 especies (Froese y Pauly, 2011; Orcés, 1959; Jiménez Prado y Béarez, 2004).

Tabla 1. Lista de especies de peces identificadas durante el monitoreo, recopilando el nombre común utilizado por los pescadores y el nombre científico en latín.

| Nombre Común | Nombre Científico | Nombre Común | Nombre Científico |
|--------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Sierra | <i>Scomberomorus sierra</i> | Rayado | <i>Paralonchurus dumerilii</i> |
| Camote | <i>Diplectrum sp.</i> | Brujo sapo | <i>Scorpaena sp.</i> |
| Carita | <i>Selene oerstedii</i> | Caballa | <i>Caronx caballus</i> |
| Pámpano | <i>Trachinotus paitensis</i> | Cachama | <i>Piaractus brachypomus</i> |
| Lisa | <i>Mugil cephalus</i> | Chogorro o rayalete | <i>Stellifer sp.</i> |
| Corvina | <i>Cynoscion sp.</i> | Langosta | <i>Panulirus gracilis</i> |
| Bonito | <i>Sarda chiliensis</i> | Mojarra | <i>Diapterus peruvianus</i> |
| Pinchagua | <i>Opistonema libertate</i> | Bruja | <i>Porichthys margaritatus</i> |
| Tollo | <i>Sphyrna lewini</i> | Ratón | <i>Leporinus ecuadoriensis</i> |
| Dorado | <i>Coryphaena hippurus</i> | Raspabalsa | <i>Hemiancistrus sp.</i> |
| Picudo | <i>Makaira sp.</i> | Roncador pecoso | <i>Haemulon scudderii</i> |
| Palometa | <i>Mylossoma duriventris</i> | Cucharita | <i>Chloroscombrus orqueta</i> |
| Sol | <i>Haemulon steindachneri</i> | Camarón | <i>Litopenaeus vannamei</i> |
| Picuda | <i>Spyraena idiaestes y S.ensis.</i> | Bagre | <i>Bagre Pinnimaculatus</i> |
| Pez espada | <i>Xiphias gladius</i> | Pargo | <i>Lutianus sp.</i> |
| Guapuro | <i>Polydactylus approximans</i> | Raya | <i>Aetobatus narinari</i> |
| Robalo | <i>Centropomus robalito</i> | Pez gallina | <i>Prionotus ruscarius</i> |



El peso total de pesca desembarcada en los veinticuatro días de monitoreo fue de 4 402,3 libras, aunque los pesos por día presentan una gran variabilidad. Los cinco días con pesos desembarcados superiores a 300 libras se concentran entre la última semana de octubre y el mes de noviembre. El día que hubo menos pesca fue el 05 de noviembre de 2013 con apenas 10 lb de captura, mientras que el día en que se desembarcó mayor cantidad fue, tan sólo una semana después, el 12 de noviembre de 2013 con un total de 611 libras (Fig. 2)

Al igual que en Alcívar y Mero (2007), la especie con mayor volumen de desembarco es indiscutiblemente la sierra del Pacífico (*Scomberomorus Sierra*), que con 1 600 libras triplica el peso de la segunda especie con mayor desembarco, el pámpano (*Trachinotus paitensis*), con 511,5 libras. Existen ocho especies con más de 150 libras desembarcadas, que son: sierra (*Scomberomorus sierra*), pámpano (*Trachinotus paitensis*), guapuro (*Polydactylus approximans*), corvina (*Cynoscion sp.*), pinchagua (*Opistonema libertate*), carita (*Selene oerstedii*), picuda (*Spyraena idiaestes* y *S.ensis*) y cucharita-rayado (*Chloroscombrus orqueta*). Por el contrario, se registraron hasta veinte especies cuyo desembarco fue puntual y su peso total desde el 15 de octubre 2013 al 22 de enero del 2014 no superó las cincuenta libras (Fig.3). Traduciéndolo a porcentajes, la sierra supone el 36,6 % del total de pesca desembarcada, mientras que el pámpano alcanza el 11,7 %. Sólo esas dos especies suman ya el 48,2 % a pesar de haberse identificado 34 especies diferentes. Las veinte especies minoritarias (< 50 lb) suman el 7,3 % (Fig.4).

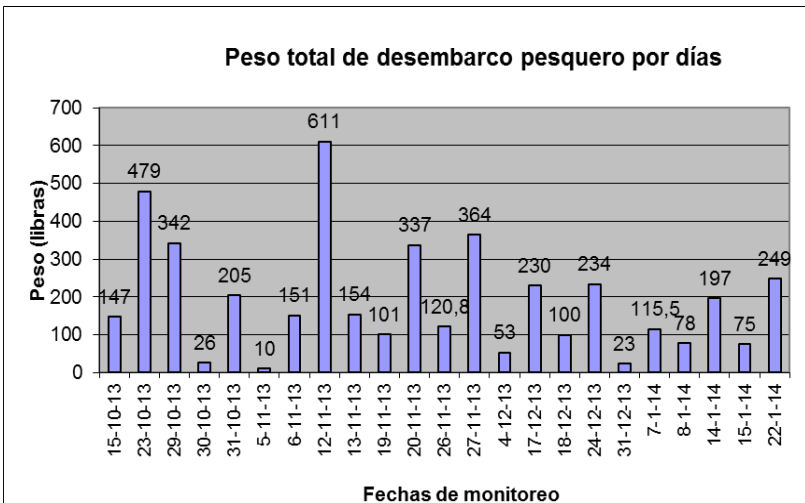


Figura 2. Peso total en libras por día de desembarco de pesca artesanal en la Gabarra (Bahía de Caráquez) durante el periodo de monitoreo, entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.



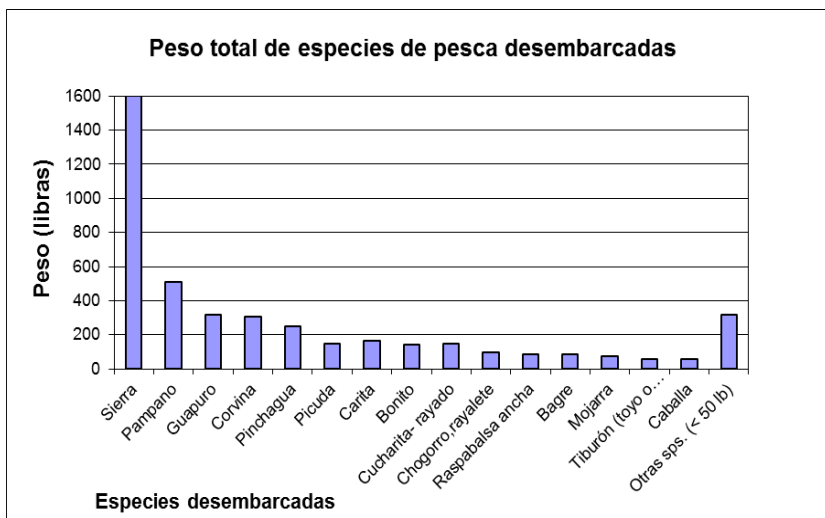


Figura 3: Peso en libras por especies de pesca artesanal desembarcadas en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

% Peso total por especies

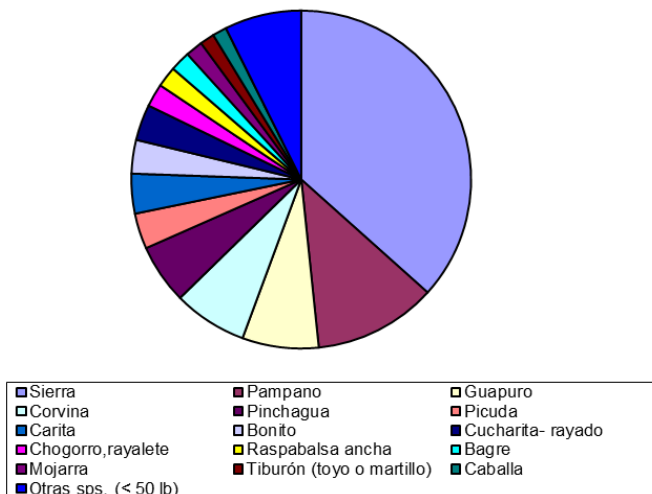


Figura 4: Porcentajes de peso por especies de pesca artesanal desembarcadas en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.



A continuación se analizan en detalle los resultados de las especies mayoritarias

Sierra del Pacífico (*Scomberomorus sierra*)

La Sierra del Pacífico, cuyo nombre científico es *Scomberomorus sierra*, presenta una distribución desde California, U.S.A, hasta Pisco, Perú, incluyendo las Islas Galápagos, habiendo un registro reciente para Antofagasta, Chile (Aguilar, 2006; Herrera *et al.*, 2010; Robles Cota, 2011; Tobón-López, 2008). Esta fue la especie mayoritaria durante el periodo de monitoreo, con una captura total de 1 600 libras. Los pesos variaron considerablemente entre los diferentes días del monitoreo, así hubo días en los que no se desembarcó esta especie. El peso más bajo reportado fue de dos libras el 31 de octubre 2013; mientras que la mayor captura se registró el 20 de noviembre 2013 con un total de 323 libras de sierra desembarcada (Fig. 5).

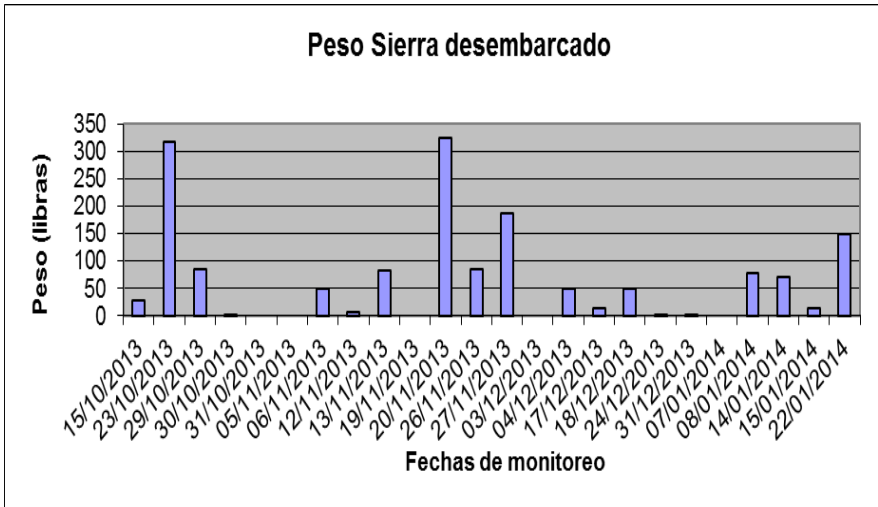


Figura 5. Peso de sierra del Pacífico, *Scomberomorus sierra*, desembarcadas en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

En lo que respecta a su longitud promedio, ésta suele ser de 70 cm, alcanzando 99 cm de talla máxima los machos (Elías *et al.*, 2011; Elías y Guamán 2012; Jiménez Prado y Béarez, 2004). Nuestros resultados de la longitud promedio por día de cinco individuos fueron muy variables, con longitud mínima promedio de 10,6 cm el 12 de noviembre del 2013 y máxima longitud de 71.3 cm el 08 de enero del 2014 (Fig. 6).



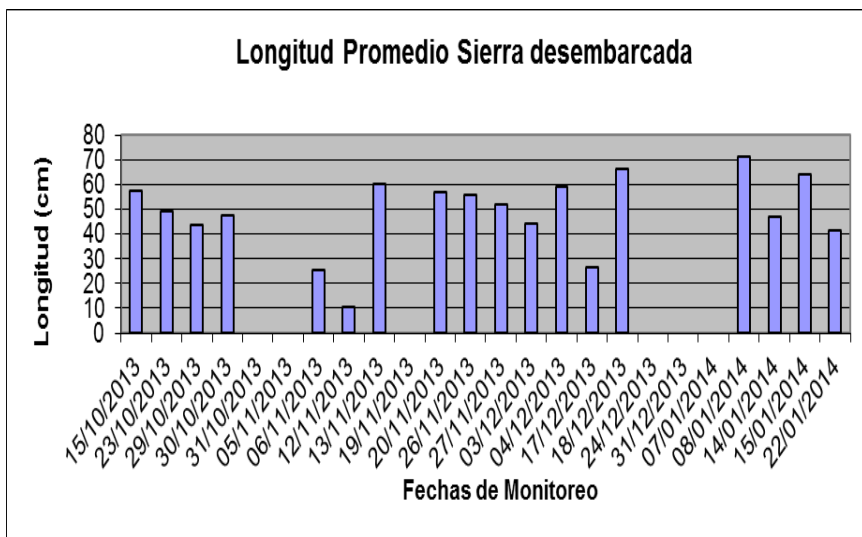


Figura 6. Longitudes promedio por día de sierra del Pacífico (de 5 individuos), desembarcadas en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

Siendo la sierra una especie importante en el sector de pesca artesanal del Ecuador y clave en el caso del área del ERC, es necesario profundizar en el estudio de su población incluyendo sus áreas de desove cercanas a la costa. A la luz de los resultados, se sugiere además como medida de manejo establecer una talla mínima de captura, correlacionada con su talla de primera madurez sexual, y una tasa de incidentalidad menor a dicha talla. Al ser una especie de alto rango migratorio y transzonal, su conservación y manejo deben estar sujetos a decretos y acuerdos tanto nacionales como internacionales (FAO, CONVEMAR).

Pámpano (*Trachinotus paitensis*)

El pez que es conocido por su nombre común como pámpano o palometa (*Trachinotus paitensis*), es una especie bento-pelágica que vive en aguas costeras y estuarinas y que en el Pacífico Oriental se distribuye desde México hasta Perú (Jurado y González, 2012). Esta fue la segunda especie con mayor peso desembarcado durante el periodo de monitoreo, contabilizándose una captura total de 511,5 libras. Respecto a los pesos de pámpano desembarcados durante el periodo de monitoreo, se registra la máxima captura el 12 de noviembre 2013 con 160 libras, la segunda mayor captura se dio el 31 de octubre 2013 con un total de 140 lbs. Las menores son de 42 y 10 libras el 23 de octubre y el 24 de diciembre 2013 respectivamente (Fig. 7), las restantes capturas han sido inferiores a las 10 libras.



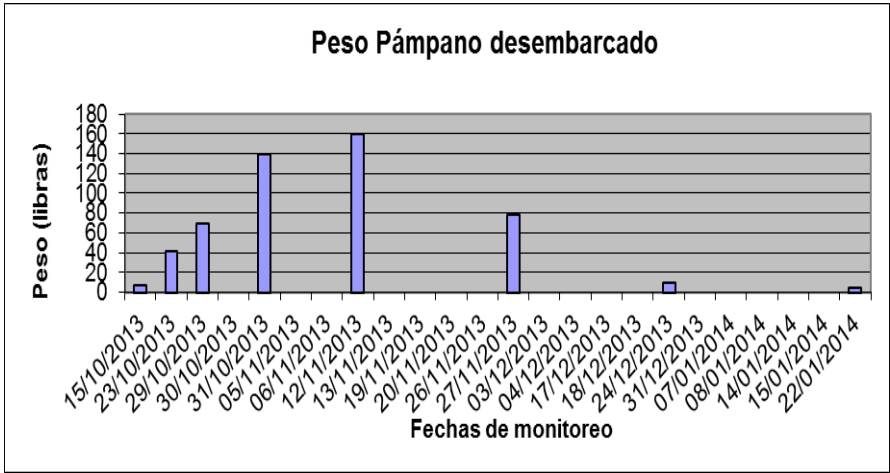


Figura 7. Peso de pámpano o palometa, *Trachinotus paitensis*, desembarcados en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

En la figura 8 se representan las tallas promedio diarias de cinco individuos de pámpanos capturados durante los días de monitoreo, considerando que la talla media de la especie es de 30 cm (Jiménez Prado y Béarez, 2004; Jurado y González, 2012). La talla promedio más alta se obtuvo el 15 de octubre del 2013 con 34,33 cm, mientras que la segunda mayor talla se registró el 23 de octubre con una longitud promedio de 23,19 cm. Las longitudes más pequeñas aparecieron el 3 de diciembre con 20,8 cm y el 27 de noviembre con 20,7 cm.

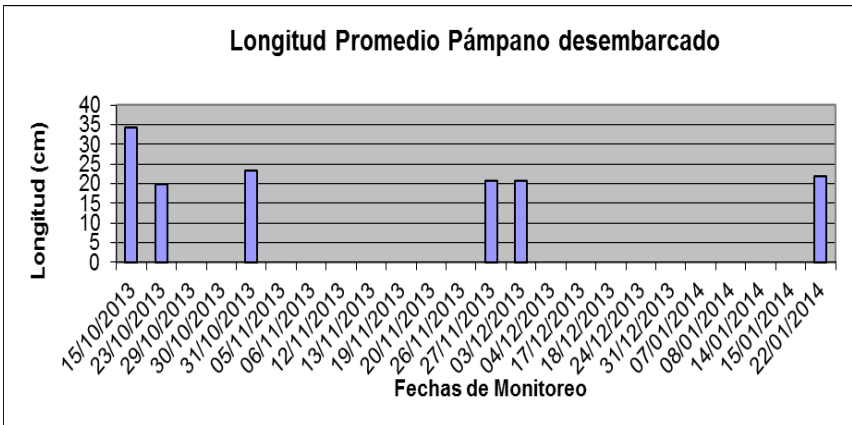


Figura 8. Longitud promedio por día de cinco individuos de pámpano (*Trachinotus paitensis*) desembarcados en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.



El número total de lanchas a motor o pangas monitoreadas fue de 57, aunque el número por día fue muy variable. El máximo número de pangas en un mismo día fue de cinco, registradas el 29 de octubre 2013. Ocho de los veinticuatro días se monitorearon tres pangas, por otra parte, ocho de los veinticuatro días se monitoreó sólo una panga (Fig. 9).

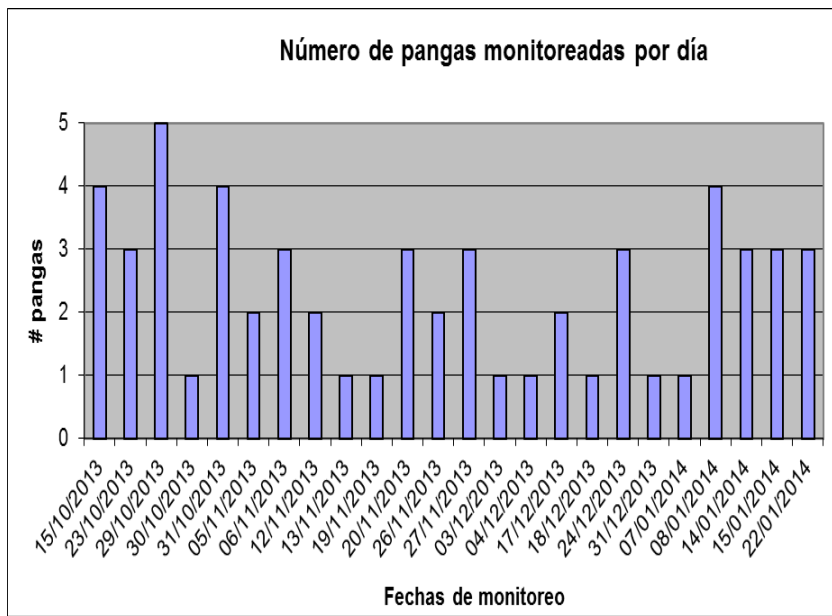


Figura 9. Número de lanchas a motor o pangas monitoreadas por día en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

De las 57 pangas monitoreadas, las que fueron registradas un mayor número de días y por tanto más activas en la pesca serían Marejada con once días; Virgen del Carmen y Sol y Mar, ambas con siete días, seguidas de Rosita y Miguel Ángel que desembarcaron cuatro días cada una (Fig. 10).

Las cooperativas de pescadores artesanales que mayor representación tienen en el monitoreo son las situadas en la parroquia de Leónidas Plaza, cantón Sucre, concretamente, Cooperativa Virgen de la Inmaculada, con 5 pangas diferentes y un total de 20 de las 57 pangas monitoreadas y Cooperativa Virgen de la Merced, con 4 pangas diferentes y un total de 17 de las 57 pangas monitoreadas, por otra parte, 7 pangas pertenecen a pescadores independientes y no forman parte de ninguna cooperativa. En algunas pangas, no se registró la información sobre pertenencia a cooperativas. Basándose en esta información se trabajó con especial énfasis la socialización y validación de resultados con estas dos



cooperativas y se les propuso realizar campañas de captación de socios entre los pescadores independientes.

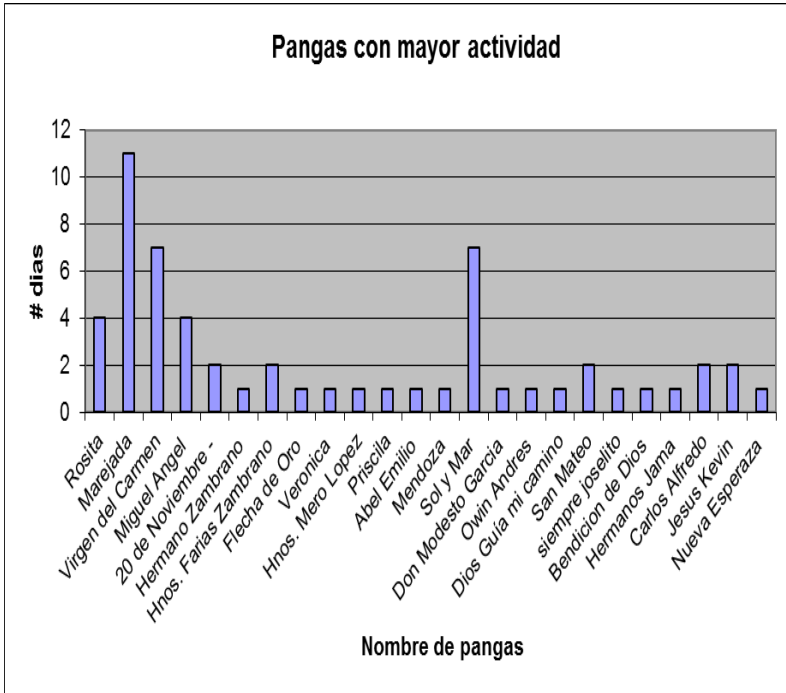


Figura 10: Nombre de las lanchas a motor o pangas monitoreadas *versus* número de días que fueron monitoreadas en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

En cuanto a las artes de pesca, en la figura 11 se observa que la más frecuentemente utilizada fue el trasmallo 3 1/2“, registrada en 20 de las 57 pangas monitoreadas. En general, casi todas las artes de pesca registradas fueron trasmallos de diferente ojo de malla comprendidos entre 7 y 2 pulgadas. Minoritariamente se registraron también la red camaronera (3 pangas), la red langostera (1) y el anzuelo (1). En algunas ocasiones, el monitoreo del arte de pesca debió ser más exhaustivo, ya que en ocho pangas no se recogió esta información y en doce de ellas no se especificó el tamaño del ojo de malla del trasmallo.

Se registró que el tiempo de permanencia de los pescadores en las áreas de caladero varía entre uno y dos días, siendo dos días en un mayor número de casos.



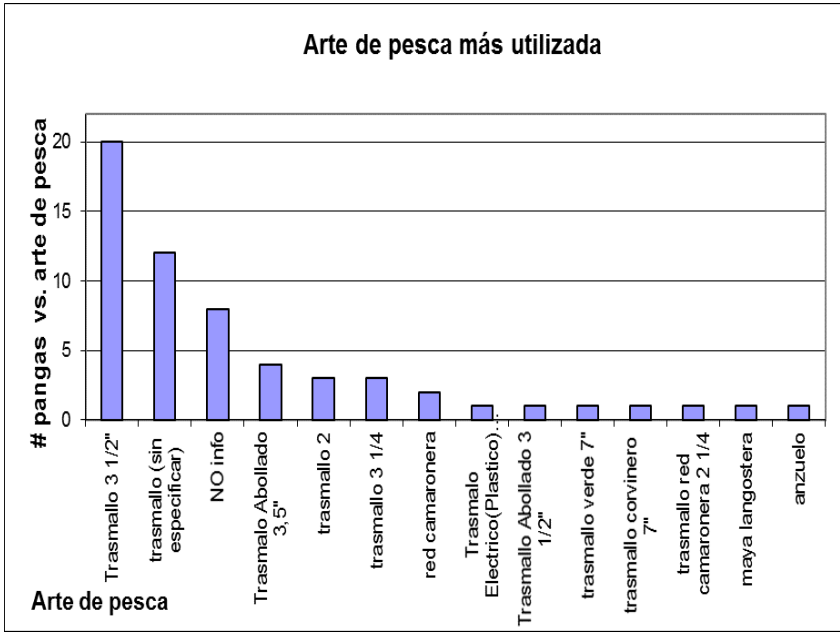


Figura 11. Artes de pesca utilizadas por los pescadores que fueron monitoreadas en la Gabarra (Bahía de Caráquez) entre el 15 de octubre 2013 y el 22 de enero de 2014.

Las áreas donde se realizó la pesca fueron Santa Martha, Cabo Pasado, Canoa, Jama y más frecuentemente, en el área Cabuyal (Fig. 12). Al no disponer de centro de acopio para venta, al llegar a puerto el pescador debe vender su pesca al precio que fija el comerciante, que varía en función de la cantidad de pesca (Alcívar y Mero, 2007). Normalmente la sierra y la corvina se venden a 1,5 \$ /libra pero algunos días baja su precio. Por otra parte, el pámpano se vende más barato a 1\$/libra.





Figura 12. Mapa del Ecuador. Se resalta en rojo la provincia de Manabí señalando los nombres de las principales áreas donde se realizó la pesca: Canoa, Jama y Cabuyal.

Durante el monitoreo se prestó especial atención al cumplimiento de vedas, y en general, se observó un buen cumplimiento de las mismas por parte de los pescadores artesanales, con contadas excepciones que correspondieron en todo caso a capturas incidentales, en concreto de tiburón martillo (*Sphyrna lewini*). El Acuerdo Ministerial N. 116 (Subsecretaría de Recursos Pesqueros, 2013) estipula que en las embarcaciones menores artesanales se permitirá como pesca incidental la captura máxima de cinco tiburones martillos de las especies Cachuda Roja (*Sphyrna lewini*) y Cachuda Blanca (*Sphyrna zygaena*) por viaje, para su respectiva comercialización en los mercados locales. Los ejemplares deben conservar sus aletas adheridas al cuerpo y en ningún caso se permite ejemplares superiores a 150 cm de longitud total, ni tampoco hembras grávidas. Según lo anterior, las capturas incidentales registradas durante el monitoreo cumplían con lo establecido por la ley ecuatoriana ya que no sobrepasaron el número ni tamaño de los ejemplares.

Los resultados de la investigación fueron socializados mediante un taller participativo en el que colaboraron las instituciones competentes, Inspectoría de Pesca y Capitanía de Puerto de Bahía de Caráquez, junto con cooperativas de pescadores artesanales. Entre las recomendaciones acordadas destacan, la necesidad de profundización en el estudio de los recursos pesqueros, con énfasis en la sierra del Pacífico, el cumplimiento de vedas para la recuperación de los stocks pesqueros, el control de la autoridad marítima para hacer cumplir la



exclusividad de los pescadores artesanales en las 8 millas náuticas y el apoyo institucional para la construcción de una facilidad pesquera de muelle para el embarque y desembarque y para la venta y procesamiento de productos pesqueros con el fin de mejorar sus condiciones de trabajo así como sus ingresos.

Conclusiones

Durante el monitoreo se identificaron un total de 34 especies. El peso total de pesca desembarcada en los 24 días de monitoreo fue de 4 402,3 libras, aunque los pesos por día oscilaron entre 10 libras de mínimo y 611 libras de máximo desembarco.

Las 5 especies más abundantes fueron sierra (*Scomberomorus sierra*), pámpano (*Trachinotus sp.*), guapuro (*Polydactylus approximans*), corvina (*Cynoscion sp.*) y pinchagua (*Opistonema libertate*). La especie con mayor volumen de desembarco es sin duda la sierra del Pacífico que con 1 600 libras supone el 36,6 %, tres veces más que la segunda especie más abundante, el pámpano con 511,5 libras (11,7 %)

El número total de pangas monitoreadas fue de 57, con una media diaria de 2,5 pangas y las cooperativas de pescadores artesanales de la parroquia de Leónidas Plaza, con las cooperativas Inmaculada y la Cooperativa Virgen de la Merced suman 37 de las 57 pangas monitoreadas.

Las artes de pesca más frecuentes fueron trasmallos de diferente ojo de malla (entre 7 y 2 pulgadas), en concreto, la más utilizada fue el trasmallo 3 1/2", en 20 de las 57 pangas monitoreadas.

El área donde se realizó la pesca con mayor frecuencia fue Cabuyal. El precio de venta lo fija el comerciante en función de la cantidad de pesca. Normalmente la sierra se vende a 1,5 \$ /libra, mientras que el pámpano a 1\$ /libra.

Agradecimientos

La realización de esta investigación no habría sido posible sin la dedicación y los madrugones de los estudiantes de IX nivel de la carrera de Ingeniería en Acuicultura y Pesquerías de la Universidad Técnica de Manabí, sede Bahía de Caráquez. Ellos son: Diana Monteverde Cedeño, Julián Álvarez Gracia, Ana Reyes Lucas, Verónica Zambrano Mendoza, Agustín Zambrano Ostaiza, Luis Reyes Vega, Adolfo Dávila Macías, Javier Álvarez Andrade, Karina Domínguez Delgado y Jorge Leones Zambrano.

Un agradecimiento especial a los pescadores artesanales de Bahía de Caráquez y Leónidas Plaza por su colaboración desinteresada durante los más de tres meses de monitoreo. Agradecemos igualmente al Inspector de Pesca y a la Capitanía de Puerto de Bahía de Caráquez.



Referencias

- Aguilar, F. (2006). Sinopsis sobre la pesca de elasmobranquios en Ecuador. Apéndices y Memorias, 31.
- Alcívar Leones F.O y Mero Veliz P.G. (2007). “Monitoreo de la Pesca Artesanal de peces comerciales en el Estuario del Río Chone, Manabí”. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Manabí.
- Beitl, C. M. (2010). The Role of Collective Action in the Social-Ecological Resilience of Mangroves and Artisanal Fisheries on the Ecuadorian Coast. International Association for the Study of the Commons, 1-24.
- Elías, E., Pacheco, J. y Cabanilla, C. (2011). Desembarque de la pesca artesanal de peces pelágicos grandes en la costa ecuatoriana durante 2010. Boletín Científico y Técnico 21 (1). Instituto Nacional de Pesca.
- Elías, E., y Guamán, A. (2012). Desembarque de la pesca artesanal de peces pelágicos grandes en la costa ecuatoriana durante 2011. Boletín Científico y Técnico 22 (2). Instituto Nacional de Pesca.
- Epler, B., & Olsen, S. B. (1993). A profile of Ecuador's coastal region. University of Rhode Island, Coastal Resources Center.
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2005). Evolución de la pesca en pequeña escala y aspectos de ordenación en cinco países seleccionados de América Latina: El Salvador, Costa Rica, Panamá, Colombia y Ecuador. Período 1997 – 2005”. Claudia Stella Beltrán T.
- FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Roma.
- Froese, R. & Pauly D. Editors. (2011). FishBase. World Wide Web electronic publication (www.fishbase.org).
- Herrera, M., Peralta, M., Coello, D., Cajas, J., Elías, E., León, J., y De la Cuadra, T. (2010). Estimación de la biomasa de los recursos demersales en el Golfo de Guayaquil (junio 2007). Boletín Científico y Técnico 20 (9): 1-27. Instituto Nacional de Pesca.
- Jackson, J. B. C., M. X. Kirby, W. H. Berger, K. A. Bjorndal, L. W. Botsford, B. J. Bourque, R. H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J. A. Estes, T. P. Hughes, S. Kidwell, C. B. Lange, H. S. Lenihan, J. M. Pandolfi, C. H. Peterson, R. S. Steneck, M. J. Tegner y Warner R. R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293: 629-638.
- Jiménez Prado, P. y Béarez P. (2004). Peces Marinos del Ecuador continental. Tomo 2: Guía de Especies. Editorial: SimBioE-Nazca/IFEA.
- Jurado, V. y González, N. (2012). La pesquería de peces pelágicos pequeños en el Ecuador durante 2011. Boletín Científico y Técnico 22 (2). Instituto Nacional de Pesca.
- NAZCA, Instituto de Investigaciones Marinas (2011). Value chain analysis of the main artisan fisheries in the Galera-San Francisco Marine Reserve.
- Orcés, G. (1959). Nombres vulgares y su equivalente científico de peces marinos de las costas del Ecuador.
- Programa de Manejo de Recursos Costeros (1999). Las Pesquerías artesanales en las zonas especiales de manejo (ZEN). Informe Técnico.



- Robles Cota, C. A. (2011). Variación espacial de la edad y crecimiento de la sierra del pacífico *Scomberomorus sierra* Jordán y stark en Jordán, 1895 (Perciformes: Scombridae) en el Pacífico mexicano. Doctoral dissertation. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Ruttenberg, B. I. (2001). Effects of artisanal fishing on marine communities in the Galapagos Islands. *Conservation Biology*, 15(6), 1691-1699.
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Seijo, J. C., & Charles, A. (2007). Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fisheries Research*, 87(1), 5-16.
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros-MAGAP (1990). Acuerdo Ministerial N° 080 “declara área de reserva exclusiva para los pescadores artesanales, la zona comprendida entre ocho millas náuticas medidas desde la línea de perfil costero continental”.
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros-MAGAP (2009). Acuerdo Ministerial N° 009 “Para el aprovechamiento sustentable de los recursos bioacuáticos en el Estuario del Rio Chone”.
- Subsecretaría de Recursos Pesqueros-MAGAP (2013). Acuerdo Ministerial N° 116 “Manejo y Ordenamiento para las capturas incidentales de tiburones martillos, de las especies Cachuda Roja (*Sphyrna lewini*) y Cachuda Blanca (*Sphyrna zygaena*)”.
- Tobón-López, A., Rubio, E. A., & Giraldo, A. (2008). Composición y análisis taxonómico de la ictiofauna del golfo de Tribugá, Pacífico norte de Colombia. *Latin american journal of aquatic research*, 36(1), 93-104.
- Viceministerio de Acuicultura y Pesca (2013). Sistema de indicadores socioeconómicos del sector pesquero artesanal de la costa continental ecuatoriana consolidado (Fase I+ Fase II+ Fase complementaria). Información no publicada.



Monitoreo de la pesquería de concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí en el periodo marzo-agosto 2014

Mauricio Yáñez, Jeremy Mendoza

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala El Oro, Ecuador.

E-mail: mendoza.jeremy@gmail.com

Resumen

La concha prieta o hembra (*Anadara tuberculosa*) representa la especie de bivalvo de mayor importancia comercial en el Ecuador. La extracción de esta especie se realiza manualmente en las áreas de manglar. El Archipiélago de Jambelí en la Provincia de El Oro es una de las áreas con mayor intensidad de pesca, llegando a producir en algunos años más del 50% de las capturas del Ecuador. En vista de lo anterior, desde marzo de 2014 se ha iniciado un programa de monitoreo y evaluación de esta pesquería en los principales puertos de desembarques de la provincia, a saber: Puerto Bolívar, Puerto Hualtaco y Puerto Jelí. Quincenalmente se realizan muestreos en cada puerto para obtener información directa del número de individuos desembarcados y el estero de origen. En este trabajo se presentan resultados sobre capturas, esfuerzo de pesca y captura por unidad de esfuerzo (cpue) de la concha prieta durante el período marzo-agosto 2014. En este periodo se ha controlado un total de 3.054 operaciones de pesca en el conjunto de puertos. La estimación de las capturas totales ha oscilado entre un mínimo de 1.303.247 individuos en mayo hasta un máximo de 1.764.799 en agosto. A excepción del mes de abril, cuando el 47% del total se desembarcó en Puerto Bolívar, entre 50% y 66% de las capturas corresponden a Puerto Hualtaco. El esfuerzo de pesca ha oscilado entre un mínimo de 7.020 pescadores/mes en abril hasta un máximo de 10.562 pescadores/mes en agosto. A lo largo del período el mayor porcentaje del esfuerzo de pesca se registró en Puerto Hualtaco, con valores que variaron entre 56% y 70%. La cpue promedio del periodo fue de 174.5 conchas/pescador con un mínimo de 162.5 en mayo y un máximo de 203 en abril. Un modelo lineal mixto del logaritmo de la cpue en función de la marea y puerto como factores fijos y el mes y estero de procedencia como factores aleatorios, muestra un



efecto positivo significativo de las mareas vivas o aguajes y diferencias significativas entre los diferentes puertos, con máximos en Puerto Bolívar y mínimos en Puerto Hualtaco.

Palabras Clave

Anadara tuberculosa, concha prieta, pesquería, captura por unidad de esfuerzo.

Introducción

La concha prieta, *Anadara tuberculosa*, vive asociada a las áreas de manglar y se distribuye en el Pacífico tropical oriental desde Baja California en México hasta el norte de Perú. (MacKenzie, 2001). A lo largo de su área de distribución la especie es explotada manualmente por pescadores artesanales y constituye un importante recurso pesquero en la región. El Archipiélago de Jambelí en la Provincia de El Oro es una de las áreas de mayor producción en Ecuador (Mora *et al* 2010). Durante el período 2004-2012 el Instituto Nacional de Pesca efectuó un monitoreo biológico pesquero de la pesquería de concha a lo largo de las costas ecuatorianas. Considerando la necesidad de continuar con el seguimiento de esta pesquería, la Universidad Técnica de Machala y la SENESCYT (Programa Prometeo) viene desarrollando un proyecto sobre la evaluación de la pesquería de concha prieta en el Archipiélago de Jambelí. En este trabajo se presentan resultados de la información pesquera obtenidos para el período marzo-agosto de 2014.

Materiales y métodos

El Archipiélago de Jambelí está ubicado en el extremo sur de la costa ecuatoriana y ocupa un extensión de aproximadamente 300 km². Está conformado por 6 islas mayores y 12 menores.

Se realizaron visitas quincenales a los 3 principales puertos de desembarque de concha en el archipiélago, a saber: Bolívar, Hualtaco y Jelí. Considerando que las operaciones de pesca están condicionadas por el ciclo de mareas, las horas de las visitas de campo se establecieron a partir de informantes claves en cada puerto y de las tablas de marea para Puerto Bolívar del Instituto Oceanográfico de la Armada de Ecuador. Mediante entrevistas directas a los pescadores se obtuvo información sobre el número de conchas recolectadas en el día (captura por unidad de esfuerzo) y el estero de procedencia. Con esta información se estimó (Sparre y Venema, 1998) por quincena y luego por mes las capturas totales en número de individuos y el esfuerzo de pesca en pescadores/mes.



Para el análisis estadístico de los datos se utilizó un modelo lineal mixto del logaritmo de la cpue en función de la marea (muerta o viva) y del puerto de desembarque como factores fijos y los meses y esteros de procedencia como factores aleatorios.

Resultados y discusión

En el período de estudio se controlaron un total de 3.054 operaciones de pesca en los diferentes puertos. El estimado de las capturas totales alcanzó su máximo en los meses de julio y agosto, estabilizándose alrededor de 1.750.000 individuos (Fig.1). A excepción del mes de abril, cuando el 47% del total se desembarcó en Puerto Bolívar, entre 50% y 66% de las capturas corresponden a Puerto Hualtaco. Al comparar estos valores de desembarques con la serie de datos del Instituto Nacional de Pesca para el período 2004-2012, se aprecia un aumento de la producción en comparación con los años 2009-2012. Por otro lado, el esfuerzo de pesca ha oscilado entre un mínimo de 7.020 pescadores/mes en abril hasta un máximo de 10.562 pescadores/mes en agosto (Fig. 2). A lo largo del período el mayor porcentaje del esfuerzo de pesca se registró en Puerto Hualtaco, con valores que variaron entre 56% y 70%.

La CPUE por mes muestra relativamente poca variabilidad (Fig. 3), con un promedio global alrededor de 165 conchas/pescador/día, a excepción del elevado valor observado en el mes de abril de aproximadamente 200 conchas/pescador/día. Las mayores CPUEs corresponden a Puerto Bolívar y las menores a Puerto Hualtaco (Fig. 4). Por otro lado, en todos los puertos se observan mayores cpues durante los aguajes o mareas vivas (Fig. 5). Tanto el efecto marea como el efecto puerto son altamente significativos (Tabla 1). Las mareas vivas se traducen en promedio en alrededor de 28 conchas más por pescador con relación al valor de referencia de Puerto Bolívar en marea muerta (180 conchas). En Puerto Hualtaco y Puerto Jelí, los valores promedios de cpue son de 131 y 144 conchas por pescador, respectivamente. Los altos rendimientos de Puerto Bolívar probablemente estén relacionados con la menor intensidad de pesca y al manejo de las custodias de manglar por parte de las asociaciones de pescadores.



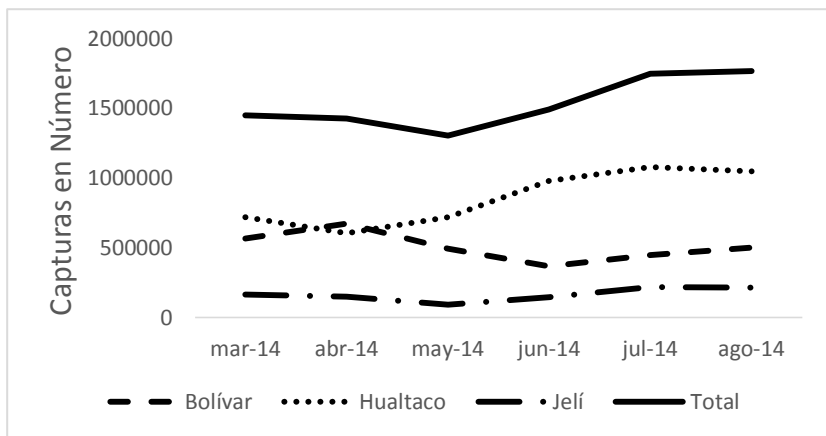


Figura 1. Evolución de las capturas en número de *Anadara tuberculosa* por mes, puerto y totales en el Archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014.

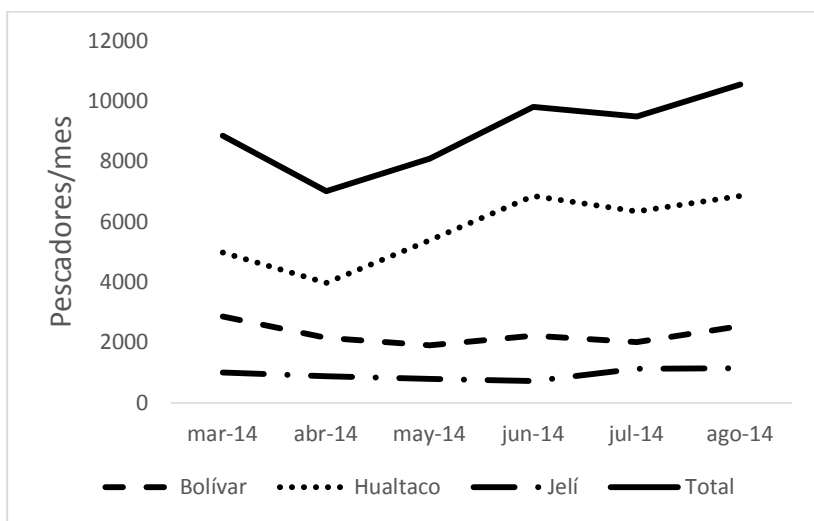


Figura 2. Evolución del esfuerzo de pesca en pescadores/mes en la pesquería de *Anadara tuberculosa* por mes, puerto y total en el Archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014.



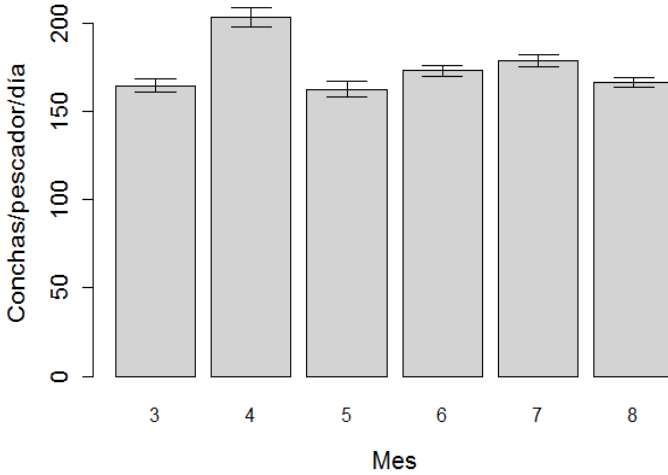


Figura 3. Captura por unidad de esfuerzo en número de *Anadara tuberculosa* por pescador/día por mes en el Archipiélago de Jambelí en el periodo marzo-agosto 2014.

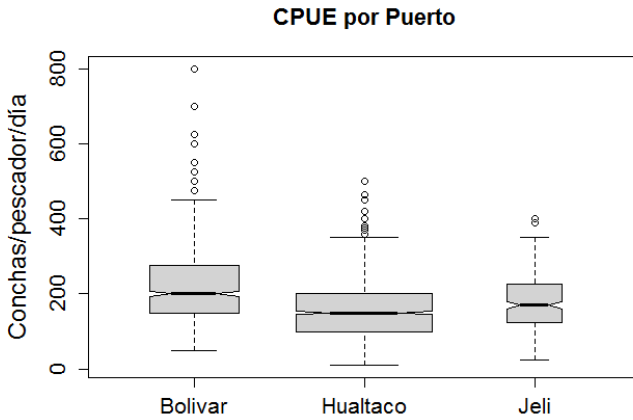


Figura 4. Captura por unidad de esfuerzo en número de *Anadara tuberculosa* por pescador/día para los diferentes puertos del Archipiélago de Jambelí en el periodo marzo-agosto 2014. El tamaño de las cajas es proporcional al número de muestras y el no solapamiento de las muestras en las cajas indica diferencias estadísticamente significativas.



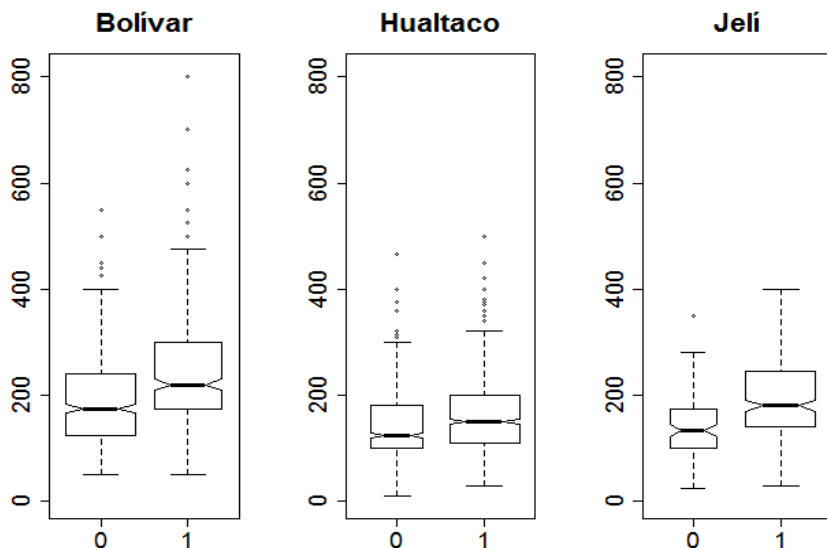


Figura 5. Captura por unidad de esfuerzo en número de *Anadara tuberculosa* por pescador/día por tipo de marea (0=muerta; 1=viva) en los diferentes puertos del Archipiélago de Jambelí en el periodo marzo-agosto 2014. El tamaño de las cajas es proporcional al número de muestras y el no solapamiento de las muescas en las cajas indica diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 1. Resultados de modelo lineal mixto del logaritmo de la captura por unidad de esfuerzo de *Anadara tuberculosa* en función de la marea y puerto. El intercepto representa Puerto Bolívar en marea baja.

| | Estimado | Error estándar | Valor t | p |
|-------------------|----------|----------------|---------|------------|
| Intercepto | 5,193 | 0,044 | 116,48 | < 0,000001 |
| Marea viva | 0,148 | 0,036 | 4,13 | < 0,000001 |
| Hualtaco | -0,316 | 0,039 | 8,16 | < 0,000001 |
| Jelí | -0,219 | 0,051 | 4,32 | < 0,000001 |

Agradecimientos

La realización de este proyecto cuenta con el apoyo del Programa Prometeo de la SENESCYT, Ecuador. Queremos expresar nuestra gratitud a los pescadores y comerciantes de conchas de la Provincia de El Oro por su valiosa colaboración.



Referencias

- MacKenzie, C.L., 2001. The fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. *Mar. Fish. Rev.* 63 (1): 1-39.
- Mora, E., J. Moreno, V. Jurado y L. Flores, 2010. La pesquería de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*) en el 2009: indicadores pesqueros y condición reproductiva en la zona norte y sur de Ecuador. *Boletín Científico-Técnico*, 20(8): 35-49.
- Sparre, P. y S. Venema, 1998. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1 Manual. FAO, Roma.





Relación longitud-peso y factor de condición de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014

Mauricio Yáñez¹, Jeremy Mendoza²

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

²Investigador Prometeo. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

E-mail: mendoza.jeremy@gmail.com

Resumen

Como parte de las actividades de monitoreo de la pesquería de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí, Provincia de El Oro, Ecuador, en el periodo marzo-agosto de 2014, se ha recolectado información quincenalmente de la estructura de tallas y pesos de los individuos desembarcados en los diferentes puertos: Bolívar, Hualtaco y Jelí. Durante el mencionado periodo se midieron y pesaron un total de 6.132 individuos, de los cuales 2.566 corresponden a Puerto Bolívar, 2.455 a Puerto Hualtaco y 1.111 a Puerto Jelí. La distribución de tallas del total de muestras es unimodal con un valor promedio de 47,4 mm y valores mínimos y máximos de 31,1 mm y 75,8 mm, respectivamente; mientras que el peso de los individuos se ubica en el rango 12,7 g – 145,1 g. Un modelo no-lineal ($P = aL_i^b$) ajustado mediante mínimos cuadrados muestra alometría mayorante ($b > 3$) para puertos Bolívar ($b=3.08$) y Hualtaco ($b=3.16$) e isometría ($b=3.02$) en el caso de Puerto Jelí. Adicionalmente, existen diferencias estadísticamente significativas del valor de b entre Puerto Hualtaco y los otros 2 puertos. Por otro lado, se calculó el factor de condición (P_i / aL_i^b) por individuo para cada puerto. Un modelo lineal generalizado del factor de condición en función del puerto y mes como factores y la longitud como variable continua indica que no hay diferencias entre los valores promedios del factor de condición entre puertos, que el factor de condición mostró valores significativamente altos entre los meses de abril a junio y significativamente más bajos en julio-agosto, con valores máximos en Puerto Jelí y Puerto Hualtaco. Adicionalmente, existe un efecto negativo significativo de la longitud sobre el factor de condición. Los resultados obtenidos del análisis



de la relación longitud-peso indican que probablemente exista heterogeneidad en la estructura poblacional de la concha prieta en el archipiélago y, por otra parte, una buena condición fisiológica durante el período de estudio, especialmente entre los meses de abril a junio.

Palabras Clave

Anadara tuberculosa, relación longitud-peso, factor de condición, alometría.

Introducción

La concha prieta, *Anadara tuberculosa*, vive asociada a las áreas de manglar y se distribuye en el Pacífico tropical oriental desde Baja California en México hasta el norte de Perú. (MacKenzie, 2001). A lo largo de su área de distribución la especie es explotada manualmente por pescadores artesanales y constituye un importante recurso pesquero en la región. El Archipiélago de Jambelí en la Provincia de El Oro es una de las áreas de mayor producción en Ecuador (Mora *et al* 2010). En marzo de 2014 se inició un programa de monitoreo de la pesquería de la concha prieta por parte de la Universidad Técnica de Machala, con apoyo de la SENESCYT (Programa Prometeo), en el cual se incluye el registro de longitud y peso de los individuos desembarcados. En pesquerías, la estimación de la relación longitud-peso permite estimar el peso de los individuos a partir de las tallas, pero también es útil para conocer posibles cambios ontogénicos en las proporciones corporales. Por otro lado, la condición de los organismos puede variar en el tiempo y/o el espacio en función, por ejemplo, de variaciones ambientales, disponibilidad de alimento y/o eventos reproductivos (Froese, 2006).

Materiales y métodos

El Archipiélago de Jambelí está ubicado en el extremo sur de la costa ecuatoriana y ocupa una extensión de aproximadamente 300 km². Está conformado por 6 islas mayores y 12 menores.

Se realizaron visitas quincenales a los 3 principales puertos de desembarque de concha en el archipiélago, a saber: Bolívar, Hualtaco y Jelí. Durante estas visitas se tomó una muestra de los individuos desembarcados para mediciones de longitud (antero-posterior) y peso total. Las mediciones de longitud se toman mediante un vernier digital con precisión de 0,01 mm y los valores de peso se toman con una balanza portátil digital con precisión de 0,1 g.

La estimación de la relación longitud- peso, a saber:

$$LT = a * PT^b$$



Donde el coeficiente a y el exponente b se realizó mediante mínimos cuadrados no-lineales. Se estimó una relación para cada puerto y se estimaron los intervalos de confianza de a y b.

Por otro lado, se estimó para cada puerto y cada individuo el factor de condición relativo de Le Cren, a saber:

$$FC = \frac{PT}{a * PT^b}$$

Adicionalmente, mediante un modelo lineal general se estimó el efecto del puerto de origen, el mes, la interacción puerto-mes como factores y la longitud de los individuos como variable continua sobre el factor de condición.

Resultados y discusión

En el período de estudio se han tomado mediciones de longitud y peso de un total de 6.132 individuos, de los cuales 2.566 corresponden a Puerto Bolívar, 2.455 a Puerto Hualtaco y 1.111 a Puerto Jelí. La distribución de tallas del total de muestras es unimodal (Fig. 1) con un valor promedio de 47,4 mm y valores mínimos y máximos de 31,1 mm y 75,8 mm, respectivamente; mientras que el peso promedio de los individuos se ubica en 31,2 g y el rango en 12,7 g – 145,1 g.

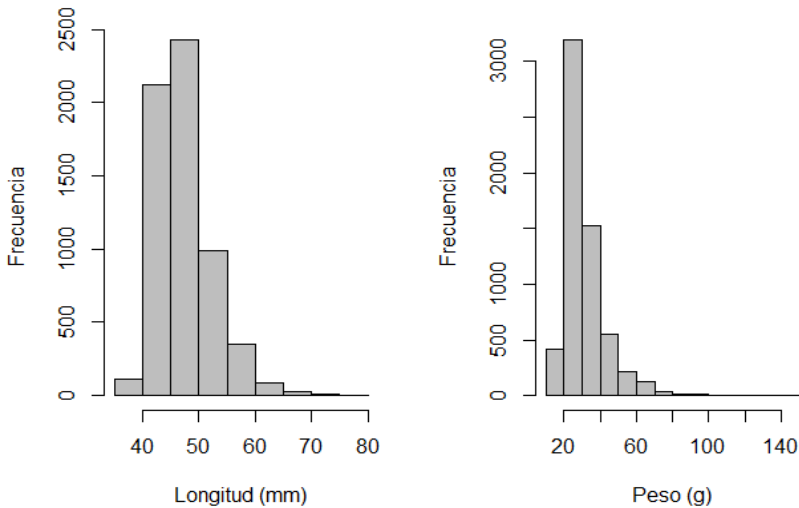


Figura 1. Histogramas de frecuencia de longitud (izquierda) y peso (derecha) de *Anadara tuberculosa* del Archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014



Si bien los rangos de datos de las longitudes por puerto son similares, existen diferencias en las longitudes medias; el promedio más bajo se presenta en Hualtaco (46,2 mm) y el más alto en Puerto Jelí (48,9 mm).

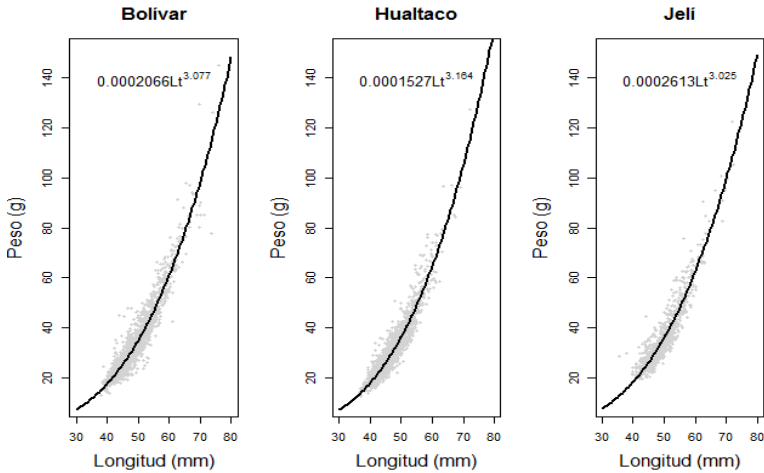


Figura 2. Relaciones entre la longitud y el peso de *Anadara tuberculosa* en los diferentes puertos del Archipiélago de Jambelí durante el período marzo-agosto 2014

La fig. 2 muestra el ajuste de las relaciones longitud-peso por puerto. Los valores del exponente b obtenidos por cada puerto fueron de 3,08 en Puerto Bolívar, 3,16 en Puerto Hualtaco y 3,02 en Puerto Jelí. En la tabla 1 se puede apreciar que no hay solapamiento entre los valores de a y b obtenidos en Puerto Hualtaco con relación a los estimados en los puertos de Bolívar y Jelí; mientras que en estos 2 últimos puertos se solapan los intervalos de confianza tanto de a como de b . Por otro lado, se aprecia también que en Puerto Jelí el crecimiento es isométrico ($b=3$) y en Puerto Bolívar el crecimiento es alométrico ($b>3$). Estas diferencias entre puertos y los esteros asociados pudieran indicar que existe una estructura poblacional compleja en el Archipiélago de Jambelí.

Tabla 1. Intervalos de confianza al 95% del coeficiente a y del exponente b de las relaciones longitud-peso por puertos de *Anadara tuberculosa* en el Archipiélago de Jambelí durante el periodo marzo-agosto 2014.

| Puerto | Coefficiente a | Coefficiente b |
|----------|---------------------|----------------|
| Bolívar | 0,000182 – 0,000235 | 3,044 – 3,109 |
| Hualtaco | 0,000133 – 0,000175 | 3,129 – 3,199 |
| Jelí | 0,000211 – 0,000324 | 2,970 – 3,079 |



Por otro lado, las variaciones mensuales en el factor de condición por mes y por puerto (Fig. 3) muestran que los menores valores del factor de condición se presentan al inicio y final del período de estudio en todos los puertos; mientras que valores elevados de este factor se observan en abril, mayo y junio para los puertos de Bolívar y Jelí; y entre abril y julio para Puerto Hualtaco. Las limitaciones de espacio no permiten presentar los detalles del ajuste del modelo lineal del factor de condición en función de los puertos, meses, la interacción entre estos últimos y la longitud. Sin embargo, se puede resaltar que no existe un efecto puerto significativo, más sí un efecto significativo de los meses (positivo entre abril y junio, y negativo para julio y agosto) y sus interacciones con los puertos (especialmente en Puerto Jelí en mayo y Puerto Hualtaco en julio), así como también un efecto significativo negativo de la longitud sobre la condición de los individuos.

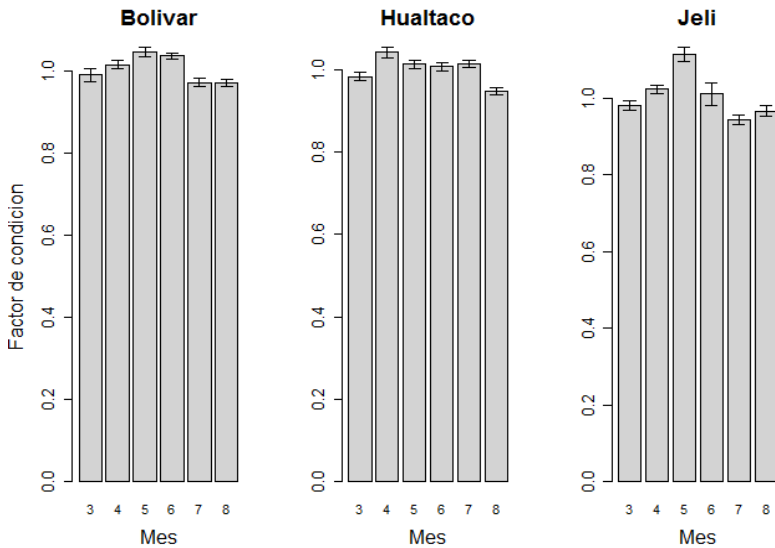


Figura 3. Variaciones del factor de condición de *Anadara tuberculosa* por mes y puerto en el Archipiélago de Jambelí durante el período marzo-agosto 2014. Las barras verticales indican los intervalos de confianza al 95%

Agradecimientos

La realización de este proyecto cuenta con el apoyo del Programa Prometeo de la SENESCYT, Ecuador. Queremos expresar nuestra gratitud a los pescadores y comerciantes de conchas de la Provincia de El Oro por su valiosa colaboración.



Referencias

- MacKenzie, C.L., 2001. The fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. *Mar. Fish. Rev.* 63 (1): 1-39.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and length-weight relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22: 241-253.
- Mora, E., J. Moreno, V. Jurado y L. Flores, 2010. La pesquería de la concha prieta (*Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*) en el 2009: indicadores pesqueros y condición reproductiva en la zona norte y sur de Ecuador. *Boletín Científico-Técnico*, 20(8): 35-49.



Evaluación sensorial y emocional de ceviche de “concha prieta” *Anadara tuberculosa* con miel de “abeja de tierra” *Geotrigona* sp. y “catiana” *Scaptotrigona* sp. de la provincia El Oro, Ecuador

Patricia Vit

Investigadora Prometeo, Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias, provincia El Oro, Ecuador

E-mail: vitolivier@gmail.com

Resumen

La acuicultura y la meliponicultura son más recientes en Ecuador, comparadas con la domesticación de cuyes y chanchos. Tanto la “concha prieta” *Anadara tuberculosa* como la miel de pote elaborada por Meliponini, se producen en la provincia El Oro en Ecuador. El consumo de concha prieta en ceviche es frecuente en la ciudad de Machala, y en el Restaurante Al Brujo llaman “pantera negra” al ceviche de concha prieta servido en copa con mezcla de choclo, camote, cebolla morada y cilantro. En este trabajo se evaluó el efecto sensorial y emocional de combinar miel de “abeja de tierra” *Geotrigona* sp. o miel de “catiana” *Scaptotrigona* sp. con ceviche de concha prieta en proporción 1:5, contrastadas con un control sin miel, en una planilla con dos secciones. Arriba se colocaron tres líneas no estructuradas de 10 cm, ancladas con las palabras poco y mucho, para evaluar la aceptación del asesor. Abajo se utilizaron 39 emociones validadas por EsSense® Profile. Los ceviches con miel evocaron más emociones del grupo energético y el ceviche solo evocó más emociones del grupo feliz.

Palabras clave

Aceptación sensorial, *Anadara tuberculosa*, ceviche, concha prieta, evaluación emocional, *Geotrigona*, Meliponini, miel de pote. *Scaptotrigona*.



Introducción

Comparadas con la domesticación de cuyes y de chanchos, la acuicultura y la meliponicultura son más recientes en Ecuador. La vasta biodiversidad neotropical alcanza casi 400 especies de abejas sin aguijón –pertenecientes a la tribu Meliponini (Camargo y Pedro, 2007), de las cuales 89 se encuentran en la zona 7, conformada por las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe del sur de Ecuador (Ramírez et al., 2013).

Tanto la “concha prieta” *Anadara tuberculosa* como la miel de pote elaborada por Meliponini, se producen en la provincia El Oro en Ecuador. El consumo de concha prieta en ceviche es frecuente en la ciudad de Machala, y en el Restaurante Al Brujo llaman “pantera negra” al ceviche de concha prieta servido en copa con mezcla de choclo, camote, cebolla morada y cilantro.

En este trabajo se evaluó el efecto sensorial y emocional de combinar miel de “abeja de tierra” *Geotrigona* sp. o miel de “catiana” *Scaptotrigona* sp. con ceviche de concha prieta en proporción 1:5, contrastadas con un control sin miel.

Materiales y métodos

Asesores La aceptación y la emoción evocada por cada tipo de ceviche de concha prieta, fue medida en 18 asesores de 18 a 65 años, 8 mujeres y 10 hombres. **Aceptación** Se usaron tres líneas no estructuradas de 10 cm, ancladas con las palabras poco y mucho, para evaluar la aceptación del asesor. **Emociones** Se utilizaron 39 emociones validadas por EsSense® Profile (King y Meiselman, 2010a,b) y traducidas al español (Vit, 2013) presentadas en siete grupos (Ver Tabla 1) para facilitar su elección, cinco con emociones positivas: 1. Energético, 2. Feliz, 3. Amoroso, 4. Seguro, 5. Calmado, y dos con emociones negativas: 6. Triste, 7. Asqueado. Cada emoción evocada se valoró con su intensidad (1. Baja, 2. Media, 3. Alta).

Tabla 1. Emociones presentadas en siete grupos.

| Grupos de emociones | | | | | | |
|---------------------|---------------|-------------|------------|-----------|------------|---------------|
| 'Energético' | 'Feliz' | 'Amoroso' | 'Seguro' | 'Calmado' | 'Triste' | 'Asqueado' |
| Activo | Contento | Cariñoso | Satisfecho | Calmado | Triste | Agresivo |
| Aventurero | Bien | Amigable | Seguro | Saludable | Aburrido | Asqueado |
| Atrevido | Buen carácter | Amoroso | Firme | Liberado | Nostálgico | Ávido |
| Energético | Feliz | Tiempo | | Apacible | | Culpable |
| Entusiasta | Alegre | Comprensivo | | Pacífico | | Descontrolado |
| Interesado | Dichoso | Acogido | | Tranquilo | | Preocupado |
| Creativo | Agradable | | | Dócil | | |
| Estimulado | Complacido | | | | | |
| Sorprendido | Amable | | | | | |
| | Divino | | | | | |
| | Completo | | | | | |
| 😊😊😊 | 😊😊 | 😊 | 😊😊 | 😊 | 😞 | 😞😞 |



Resultados y discusión

Los ceviches con miel evocaron más emociones positivas del grupo energético y el ceviche solo sin miel evocó más emociones del grupo feliz. Tanto el ceviche sin miel como el ceviche con miel de *Scaptotrigona*, evocaron una emoción negativa; mientras que en cuatro asesores el ceviche con miel de *Geotrigona* evocó emociones negativas de los dos grupos (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Emociones positivas y negativas evocadas por el ceviche.

| TIPO de MIEL | Emociones positivas | | | | | Emociones negativas | |
|--|---------------------|-------|---------|--------|---------|---------------------|----------|
| | Energético | Feliz | Amoroso | Seguro | Calmado | Triste | Asqueado |
| Sin miel | 4 | 9 | 2 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Geotrigona</i> "abeja de tierra" | 7 | 3 | 2 | 0 | 2 | 2 | 2 |
| <i>Scaptotrigona</i> "catiana" | 8 | 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 |

En la Tabla 3 se aprecia una tendencia de preferir el ceviche control sin miel, y el motivo fue porque es más ácido. Entre las dos mieles, la de *Scaptotrigona* fue percibida como mejor combinación que la de *Geotrigona*, con el ceviche de "concha prieta". Las aceptaciones en los tres grupos fueron: $6,4 \pm 2,6$ (ceviche solo), $6,2 \pm 2,3$ (ceviche con miel de *Scaptotrigona*), y $5,4 \pm 1,8$ (ceviche con miel de *Geotrigona*). Además de tener mayor aceptación, aunque esta diferencia no es estadísticamente significativa con ANOVA ($P < 0,05$), el ceviche control fue el mejor de los tres para 12/18 asesores, el ceviche con miel de *Scaptotrigona* fue el mejor para 5/18 y sólo 1/18 prefirió la mezcla con miel de *Geotrigona*.

Tabla 3. Aceptación (media \pm DE) y Emociones - intensidad (frecuencia).

| Variables | 402 | 551 | 868 |
|--------------|---------------|---------------------------------------|--|
| | Ceviche solo | Ceviche con Miel <i>Geotrigona</i> | Ceviche con Miel <i>Scaptotrigona</i> |
| Aceptación | $6,4 \pm 2,6$ | $5,4 \pm 1,8$ | $6,2 \pm 2,3$ |
| Emociones | Intensidades | | |
| Activo | 2(1) | | 3(1) |
| Aventurero | | | 1(1) |
| Energico | | 2(1), 3(2) | 3(1) |
| Entusiasmado | 1(1) | 2(1) | 2(2), 3(1) |
| Interesado | | | 1(1) |



Tabla 3. Continuación...

| Variables | 402 Ceviche solo | 551 Ceviche con Miel Geotrigona | 868 Ceviche con Miel Scaptotrigona |
|-------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| Estimulado | | | 2(1) |
| Sorprendido | 1(1) | 2(1) | |
| Bien | 3(1) | 2(1) | 2(1) |
| Feliz | 3(1), 2(1) | 2(1) | 3(1) |
| Alegre | 3(1) | 2(1) | 3(1) |
| Agradable | 3(4) | | |
| Complacido | 2(1) | | |
| Completo | | | 2(1) |
| Amigable | 3(1) | 1(1) | |
| Amoroso | 3(1) | 2(1) | |
| Acogido | | | 1(1) |
| Satisfecho | | | 3(1) |
| Seguro | 3(1) | | |
| Calmado | | 1(1) | |
| Saludable | | | 2(1) |
| Liberado | 2(1) | | |
| Apacible | | | 2(1) |
| Pacífico | | 2(1) | |
| Aburrido | | 2(1) | |
| Nostálgico | | 2(1) | |
| Agresivo | | 2(1) | |
| Asqueado | 2(1) | 3(1) | |

Este trabajo permitió valorar el uso de un ingrediente nuevo en la gastronomía a base de concha prieta ecuatoriana –la miel de pote, producto de los saberes ancestrales de la meliponicultura.

Agradecimientos

A Prometeo-Senescyt de Quito, Ecuador, por la beca a P. Vit. Al Dr. Favián Maza, Director de Planificación, por su constante apoyo y confianza en los proyectos Prometeo de la Universidad Técnica de Machala UTMACH. Al conductor de la UTMACH Sr. William Silva, por su cortesía de acompañarme a



buscar la carpeta de resultados. A la Dra. Rosirés Deliza, EMBRAPA, Rio de Janeiro, Brasil, por su incondicional orientación en ciencias sensoriales. A la Dra. Silvia C King, McCormick & Co. Inc., Hunt Valley, USA, por su guía sobre emociones evocadas por la miel y por asesorar las traducción de las emociones en EsSense® del inglés al español.

Referencias

- Camargo JMF, Pedro SRM. 2007. Meliponini Lepeletier 1836. In: Moure JS, Urban D, Melo GAR (Eds.). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Sociedade Brasileira de Entomologia; Curitiba, Brasil, pp. 272-578.
- King SC, Meiselman HL. 2010a. Development of a method to measure consumer emotions associated with foods. *Food Quality and Preference* 21: 168-177.
- King SC, Meiselman HL, Carr BT. 2010b. Measuring emotions associated with foods in consumer testing. *Food Quality and Preference* 21: 1114-1116.
- Ramírez JA, Ureña J, Camacho A. 2013. Las abejas sin aguijón de la Región Sur del Ecuador. Consejo Nacional de Educación Superior; Loja, Ecuador. 119 pp.
- Vit P. 2013. Aceptación y perfil emocional de mieles genuinas y falsas de *Apis mellifera* y *Melipona favosa*. pp. 1-10. En Vit P & Roubik DW, eds. Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots. Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes; Mérida, Venezuela. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/35292>.





Remoção da pele de sardinha (*Sardina pilchardus*) em conserva—comparação do efeito da remoção química e da remoção manual nas características organoléticas do produto

Rodrigues¹ P., Vaz Velho¹ M., Araújo¹, A.

¹UIDICTA, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Av. Atlântico, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal.

E-mail:alberta@estg.ipvc.pt

Resumo

Grande parte das capturas anuais de sardinha (*Sardina pilchardus* Walbaum, 1792) em Portugal é utilizada no fabrico de conservas. No produto de conserva mais comum - sardinha inteira com pele e espinhas, pode-se usar qualquer tipo de sardinha e a cozedura faz-se com o produto enlatado. Nos produtos de conserva de sardinha “sem pele e sem espinhas” a operação de pelagem manual é individualizada e ocorre após cozedura e só depois as sardinhas são enlatadas individualmente, o que aumenta consideravelmente os custos de produção. Para este processo são utilizadas exclusivamente sardinhas com elevado teor de gordura para possibilitar a remoção eficaz da pele. Neste trabalho foram comparados dois processos de remoção da pele de sardinha - processo químico com hidróxido de sódio (NaOH, 2%) e processo manual de pelagem, mediante as características organoléticas do produto final. A análise sensorial foi realizada por um painel semi-treinado de onze provadores, aos quais foram apresentadas três amostras de três lotes diferentes: Lote 1 e 2, sujeitas a pelagem química, e lote 3 sujeitas a pelagem manual, sendo esta última amostra usada como referência na prova sensorial. Na avaliação sensorial foi utilizada uma análise discriminativa quantitativa de forma a detetar diferenças entre amostras. Foram comparados a presença/ausência de pele, cor da sardinha, aroma a sardinha, aroma a ranço, sabor amargo, sabor a ranço, sabor fermentado, teor em sal, fibrosidade e dureza. Com exceção das diferenças no teor em sal e na dureza não foram detetadas diferenças significativas entre as amostras, no respeitante a todos os outros parâmetros ($p > 0.05$). Relativamente à cor, determinada por colorimetria pelo sistema CIE $L^*a^*b^*$, só foram detetadas diferenças significativas no parâmetro b^* ($p < 0.05$). Não foram encontradas diferenças



significativas nos parâmetros dureza, coesividade, gomosidade e adesividade, determinados por texturometria ($p>0.05$). Assim, pode-se concluir que o processo de remoção química de sardinha, com NaOH a 2%, apresenta um elevado potencial, permitindo o uso de sardinhas com diferentes teores em gordura, e permitindo também a sua utilização na cadeia de produção imediatamente após a etapa de descabeçamento e evisceração o que permite uma redução nos tempos e custos de produção.

Palavras-chave

Sardinha, descabeçamento e evisceracau, conservas, Portugal.

Introdução

Conserva (apertização) é um tipo de transformação do pescado para consumo humano mais utilizado para as espécies pelágicas gordas, sejam espécies pequenas como a sardinha sejam espécies maiores como os tunídeos (Leal, 1990).

Em Portugal, cerca de 45% dos desembarques de sardinha abastecem a indústria de transformação, sendo a maior parte para produção de produtos enlatados (Almeida *et al.*, 2013). De acordo com as figuras 1 e 2, referentes a exportações e importações de preparados e conservas de peixe, pode afirmar-se que os valores em euros de exportações de conservas de peixe são, ao longo dos últimos cinco anos, superiores aos valores de importações das mesmas conservas, no entanto ambos os valores têm vindo a aumentar. Verifica-se o mesmo relativamente às conservas de sardinhas, onde o valor das exportações tem sido superior ao das importações. Em ambos os casos, os valores, tanto de exportações como de importações, são superiores dentro da União Europeia, no entanto o valor de importações de conservas de sardinha fora da União Europeia aumentou no último ano.

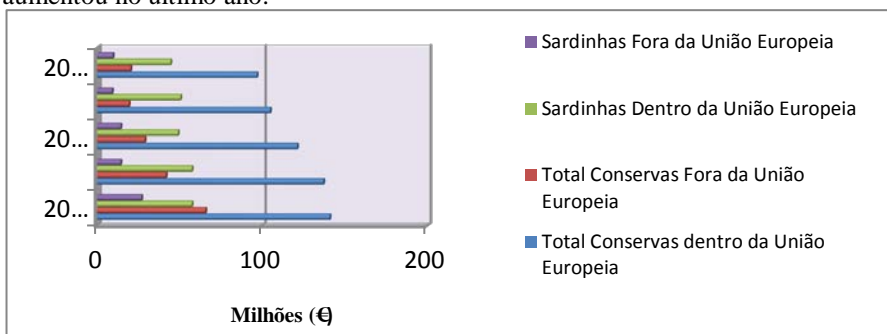


Figura 1. Exportações de preparados e conservas de sardinhas (INE, 2014)



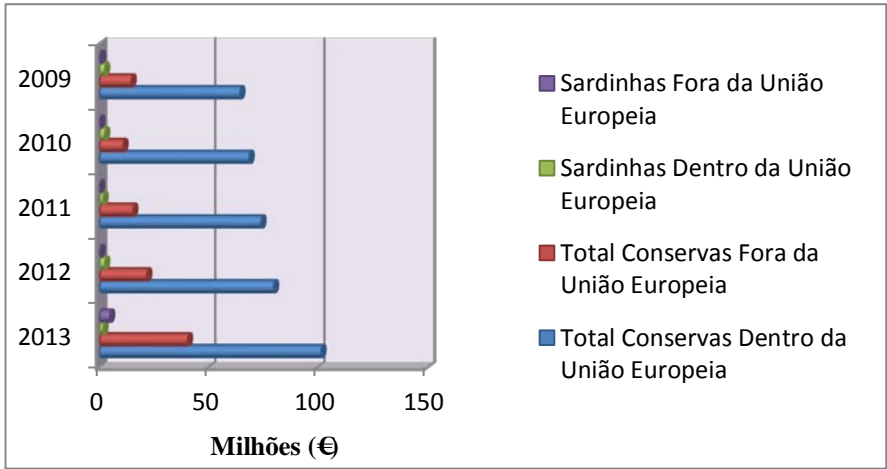


Figura 2. Importações de preparados e conservas de sardinhas (INE, 2014)

As vendas de conservas e de bacalhau contribuíram para que o défice da balança comercial dos produtos de pesca diminuisse 63 milhões de euros entre 2011 e 2013, graças ao aumento das exportações e a uma quebra de 3% nas importações (Silva, A.R., 2014).

Os produtos de conserva “sem pele e sem espinhas”, apresentam um elevado valor comercial, mas acarretam maiores custos de produção devido à mão-de-obra inerente. Apesar da melhoria na mecanização do processamento de sardinha em conserva para a preparação de conservas sem pele e sem espinhas ainda é necessário recorrer a trabalho manual (Granata *et al*, 2012).

A sardinha tem um elevado teor de lípidos e a época de acumulação de reservas ocorre no Verão e Outono a altura em que a contribuição de fitoplâncton é mais elevada e durante essa época a espécie produz ácidos gordos que são necessários para a reprodução (Fonseca e Cabral, 2007; Garrido *et al.*, 2008). Os produtos de conserva “sem pele e sem espinhas”, realizados somente com sardinhas “gordas” (gordura >5%), apresentam um elevado valor comercial, mas acarretam maiores custos de produção devido à mão-de-obra inerente. Neste produto a operação de pelagem é manual e individualizada e ocorre após cozedura e só depois deste passo se colocam as sardinhas em lata, também manualmente, uma a uma. No produto comum “com pele e espinhas”, a cozedura faz-se com o produto já colocado em lata. O objetivo deste trabalho foi avaliar as diferenças nas características organoléticas do produto final, comparando dois processos de remoção da pele de sardinha - processo químico com hidróxido de sódio (NaOH, 2%) e processo manual de pelagem. Estudos anteriores demonstraram a viabilidade de remoção de pele de pescado com métodos químicos e enzimáticos (López-Benedito *et al*, 1973; Avery *et al*, 1984).



Materiais e métodos

Dois lotes de sardinhas congeladas, capturadas em diferentes épocas do ano (Lote 1- Março; Lote 2- Dezembro) e de diferente proveniência (Portugal e Marrocos) foram sujeitos a pelagem química efetuada em laboratório. As sardinhas destes dois lotes foram submetidas a uma pré-lavagem em água corrente, de forma a retirar o excesso de gelo presente na sua superfície, e de seguida foram descabeçadas e evisceradas. Para a remoção química da pele as amostras foram tratadas com uma solução de hidróxido de sódio (2%) a 85°C durante 3 minutos, e sujeitas a uma lavagem final com água corrente à temperatura ambiente de forma a retirar restos de pele. Após a lavagem, as sardinhas, passaram ainda por um banho numa solução de ácido cítrico (2%) à temperatura ambiente, durante 3 minutos, para eliminar resíduos alcalinos eventualmente presentes, após o que foram cozidas a vapor, durante 30 minutos à temperatura de 100°C, aproximadamente. As sardinhas foram enlatadas em latas de folha-de-flandres em água e esterilizadas durante 90 minutos a 118°C.

Estas amostras foram comparadas termos sensoriais, de cor e de textura com as sardinhas do Lote 3, o lote controlo, de pelagem manual, produzido na empresa em Na prova de análise sensorial foram apresentadas, a onze provadores semi-treinados, as três amostras, (Lote 1, 2 e 3).

Na análise descritiva quantitativa foi utilizada uma escala de intensidade de 5 pontos nos seguintes atributos: aspeto geral, presença ou ausência da pele, cor da sardinha, aroma a sardinha e a ranço, sabor a ranço, sabor amargo, a fermentado e a sal, fibrosidade e dureza.

Para determinação da cor utilizou-se um colorímetro Minolta CR 300 e o sistema CIE $L^* a^* b^*$

Para a análise de textura foi utilizado o texturómetro TA.XT. plus Texture Analyser, Stable Micro Systems. O teste efetuado foi o TPA (*Texture Profile Analysis*) utilizando uma sonda SMS P/2. As condições da análise foram: velocidade 5 mm/s, distância 15,0 mm e tempo 5 s. Foram analisadas as três amostras de sardinha, num total de vinte e uma medições para cada lote de sardinha.

A título de exemplo está representado um gráfico de força vs tempo (figura 3), a partir do qual se determinaram os parâmetros de dureza (DUR), coesividade ($A2/A1$), adesividade (Ade) e gomosidade (Dureza x Coesividade x 100).



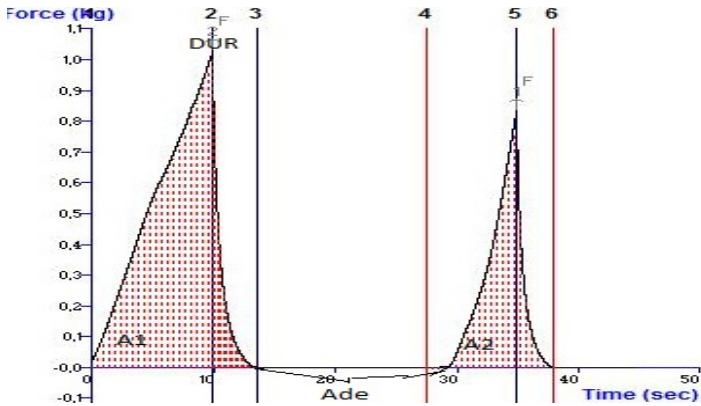


Figura 3: Análise do perfil de textura (TPA)

Os resultados foram analisados individualmente por análise de variância (ANOVA) (STATISTICA 7.0). Sempre que foram detetadas diferenças ($p < 0,05$), as médias foram comparadas através do teste Tukey.

Resultados e discussão

Após a realização do processo de remoção química e manual de pele das sardinhas, as amostras foram analisadas de forma a comparar o efeito do método de remoção química da pele em relação ao processo manual. Os resultados da análise sensorial estão representados na Fig. 4.

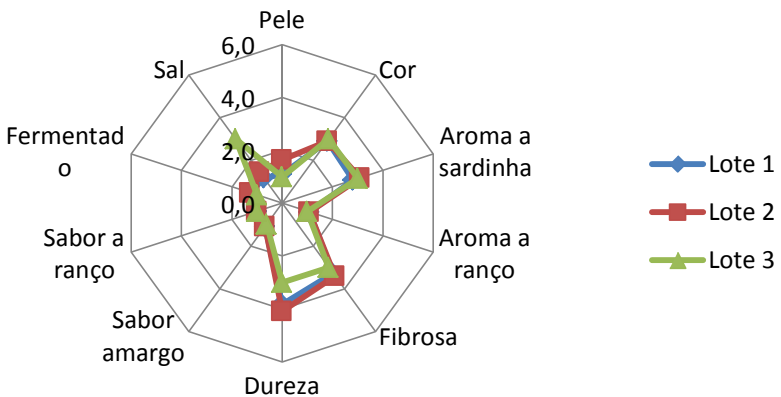


Figura 4. Resultados da prova de análise sensorial



Foram encontradas diferenças significativas entre as três amostras analisadas nos parâmetros: presença de pele, dureza e sabor a sal ($p < 0,05$). A aplicação do teste Tukey confirmou que em relação à presença de pele, sardinhas do Lote 2 diferem das do Lote 1, e do Lote 3 (controle), apresentando maior presença de pele ($p < 0,05$). Em relação à dureza verifica-se que o Lote 3 difere significativamente do Lote 1 e do Lote 2 ($p < 0,05$), apresentando menores valores de dureza o que parece indicar que o método químico de remoção da pele pode aumentar a dureza do produto. Em relação ao sal as diferenças significativas encontradas nos Lotes 1 e 2 em relação ao Lote 3 são atribuídas ao facto de não ter havido processo prévio de salmoura nos dois lotes o que diminuiu o teor de sal final.

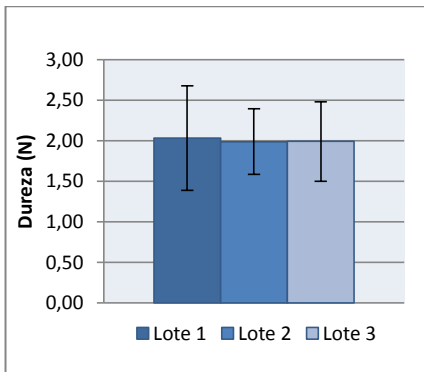


Figura 5. Avaliação da Dureza

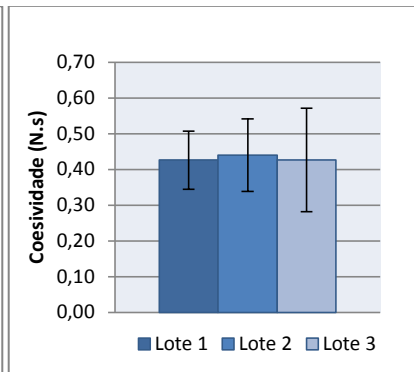


Figura 6. Avaliação da Coesividade

Os resultados da análise de textura revelaram não haver diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os três lotes de sardinha, no respeitante a todos os parâmetros em estudo: dureza, coesividade, adesividade e gomosidade (Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7 e Fig. 8).

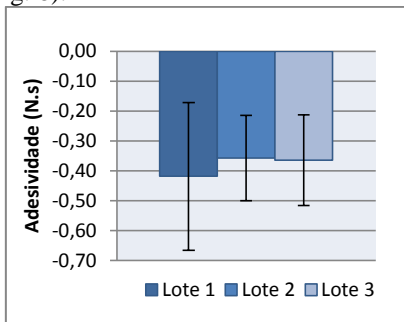


Figura 7. Avaliação da Adesividade

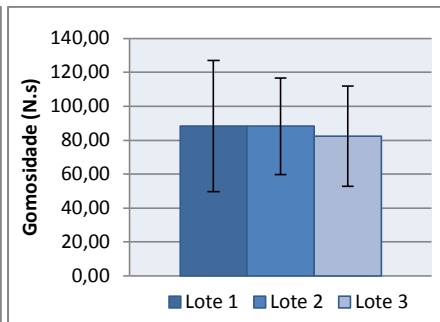


Figura 8. Avaliação da Gomosidade



Relativamente à avaliação da cor os resultados (Tabela 2) revelaram não haver diferenças significativas no respeitante aos parâmetros **L** e **a*** dos três lotes. Para as três amostras analisadas os valores de **L** aproximaram-se de 34, indicando assim que todas as amostras de sardinha apresentam a mesma cor e que esta era relativamente escura (valores de **L** variam entre 0 (branco) e 50 (preto). Também para as três amostras analisadas no respeitante ao parâmetro **a***, não foram encontradas diferenças significativas e todas as amostras apresentavam uma tonalidade avermelhada (valores de **a*** próximos do vermelho). No respeitante ao parâmetro **b***, comparando as amostras sujeitas a pelagem química com a amostra controlo, embora todas as amostras estejam próximo da cor amarela, foram encontradas diferenças significativas. Os resultados obtidos, após aplicação do teste *Tukey*, confirmaram as diferenças entre os três lotes.

Tabela 2: Resultados do colorímetro (L, a*, b*) nos 3 lotes de sardinha.

| | L | a* | b* |
|---------------|--------------|-------------|-------------|
| Lote 1 | 34,45 ± 3,79 | 7,08 ± 0,99 | 8,51 ± 2,51 |
| Lote 2 | 34,27 ± 3,58 | 7,94 ± 0,87 | 9,84 ± 2,57 |
| Lote 3 | 33,39 ± 3,72 | 8,62 ± 0,83 | 9,82 ± 1,75 |

Conclusões

Não se tendo verificado alterações significativas em termos sensoriais (com exceção da dureza mas esta diferença na dureza percecionada pelos provadores não foi confirmada pelo método instrumental), nem em termos dos outros parâmetros de textura, nem em termos dos parâmetros principais de determinação da cor (**L**, **a***), podemos concluir que a remoção química da pele das sardinhas pode ser considerada uma alternativa vantajosa em relação ao método. Além de reduzir a mão-de-obra, torna o processo de preparação menos demorado, uma vez que a etapa de remoção química da pele ocorre imediatamente após o passo de descabeçamento e evisceração, permitindo reduzir os custos de produção do fabrico de sardinhas em conserva “sem pele e sem espinhas”.

Agradecimentos

À empresa Conservas Belamar Lda. pelo acolhimento da estudante do Mestrado em Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar.



Referências

- Almeida, C., Vaz, S., Cabral, H., & Ziegler, F. 2013. Environmental assessment of sardine (*Sardina pilchardus*) purse seine fishery in Portugal with LCA methodology including biological impact categories. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 19: 297-306.
- Avery, K.W.J y Garry, D. 1984. Annual Report, Fishing Industry Research Institute, Vol. 84, 61-63.
- Carpenter, R. P., Lyon, D. H., Hasdell, T.A. 2000. Guidelines for Sensory Analysis in food product development and quality control. 2nd Ed., Aspen Publishers, Inc.
- Fonseca, V.F., Cabral, H.N. 2007. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 17: 545-564.
- Garrido, S., Rosa, R., Ben-Hamadou, R., Cunha, M.E., Chicharo, M.A. van der Lingen, C.D. 2008. *Marine Biology*, 154: 1053-1065.
- Granata, L. A. , Flick, G.J., Martin, R.E. 2012. *The Seafood Industry: Species, Products, Processing, and Safety*. 2nd Edition. 488 pp.
- Instituto Nacional de Estatística (INE) 2014. Exportações (€) de bens por Local de destino e Tipo de bens. Dados estatísticos referentes a 2013.
http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0005720&contexto=bd&selTab=tab2
- Leal, M. C. 1990. *Transformação de produtos da pesca: o desafio da integração europeia*, Vol. 29. Banco de Fomento e Exterior. 222 pp.
- M. López-Benito y G. Sampedro. 1973. Instituto de Ciencias del Mar CMIMA, Barcelona, Informe Técnico nº 6.
- NalanGökodlu, P., Özkanözden, M., & NurayErkan, M. 1998. Physical, Chemical and Sensory Analyses of Freshly Harvested Sardines (*Sardinapilchardus*) Stored 4°C. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7:2: 5-15.
- Olafsdóttir, G., Nesvadba, P., Natale, C., Careche, M., Oehlenschläger, J., Tryggvadóttir, S., Schubring, R., Kroeger, M., Heia, K., Esaiassen, M., Macagnano, A., Jørgensen, Bo M. 2004. Multisensor for fish quality determination. *Trends in Food & Technology* 15:86-93.
- Silva, A. R. 2014. Conservas e bacalhau ajudam Portugal a reduzir défice da balança comercial. *Jornal "Público"*, 29 agosto 2014, p.16.
- Zluzker, A., Knösel, M., & Athanasiou, A. E. 2011. Sensitivity of digital dental photo CIE L*a*b* analysis compared to spectrophotometer clinical assessments over 6 months. *American Journal of Dentistry*, 24: 300-304.



Efeito do processo de conservação de duas espécies de macroalgas, *Bifurcaria bifurcata* e *Chondrus crispus*, nas propriedades físico-químicas e sensoriais de refeições prontas a consumir

Quesado T.¹, Fonseca S.C.^{1,2}, Vaz-Velho M.¹, Pinheiro R.^{1,3}

¹UIDICTA, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Av. do Atlântico, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal.

²REQUIMTE, Universidade do Porto, Portugal.

³CEB - Centre of Biological Engineering, University of Minho, Braga Portugal.

E-mail: ritapinheiro@estg.ipvc.pt

Resumo

A costa litoral portuguesa apresenta uma elevada riqueza em macroalgas comestíveis, dos tipos Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta (Heterokontophyta). As macroalgas apresentam uma composição elevada em micronutrientes, contém proteínas com aminoácidos essenciais e uma reduzida quantidade de gordura apresentando inúmeras vantagens ao nível da saúde, como a estimulação e regulação do metabolismo e reforço das defesas naturais. Numa perspetiva de potenciar o consumo de algas, foi estudado neste trabalho o efeito dos processos de conservação nas propriedades físico-químicas e sensoriais de duas diferentes espécies de macroalgas, *Bifurcaria bifurcata* (R. Ross, 1958) e *Chondrus crispus* (Stackhouse, 1797) em refeições prontas a consumir, como o estufado e o creme de legumes. Após a apanha, lavagem e preparação, as macroalgas foram submetidas a três métodos de conservação: ultracongelamento, secagem e liofilização. Posteriormente, as macroalgas foram introduzidas, em percentagens de 1% e 2%, e confeccionadas num creme (sopa) e num estufado de legumes, respetivamente. Foi realizada uma análise sensorial com um painel semi-treinado de 10 provadores, sendo caracterizados atributos como: gomosidade, granulicidade, densidade, doce, salgado, azedo, cor, brilho, aspeto de gel, alga evidenciada, sabor a legumes, cheiro a gordura, sabor e cheiro a alga. Determinou-se ainda o teor de minerais, de proteína e a atividade antioxidante dos dois pratos. Com os resultados obtidos foi possível verificar que o estufado de legumes se destaca do creme de legumes pelo maior teor de proteína- cerca de duas vezes maior, de minerais e de atividade antioxidante. Foi possível observar



uma atividade antioxidante mais pronunciada no caso do processo de liofilização independentemente do tipo de prato. A presença de *Bifurcaria bifurcata* promoveu atividade antioxidante e teor de proteína mais elevados do que a presença de *Chondrus crispus* no estufado e no creme. Da prova de análise sensorial, e no caso do estufado com *Bifurcaria bifurcata* conservada por secagem, o painel notou que este processo de conservação evidenciou atributos como: cor mais intensa, alga mais evidenciada, cheiro e o sabor a alga mais intenso. O mesmo perfil se verificou com a *Chondrus crispus*, conservada por secagem e por liofilização.

Palavras-chave

Litoral português, macroalgas comestíveis, antioxidantes, *Bifurcaria bifurcata*

Introdução

A costa litoral portuguesa apresenta uma elevada riqueza em macroalgas comestíveis. No entanto, em Portugal, ao contrário dos países asiáticos como a China e o Japão, o seu consumo ainda é reduzido. Os géneros *Undaria* (wakame), *Porphyra* (nori) e *Laminaria* (kombu) são os mais consumidos em todo o mundo (Pereira, 2014). As algas são uma notável fonte de vitaminas, fibras dietéticas, minerais e proteínas (Lee *et al.*, 2008). Apresentam um baixo valor energético visto que contém baixos níveis de gordura. O teor de lípidios das algas é de 1% a 3% da matéria seca, com uma elevada proporção de ácidos gordos essenciais insaturados (Fleurence *et al.*, 1994; Sánchez-Machado, *et al.*, 2004) os quais contribuem para a redução do risco de aterosclerose, doença cardíaca coronária e doença inflamatória (Connor, 2000). Para além destes nutrientes é possível encontrar nas algas, mais particularmente nas algas castanhas, compostos bioativos com propriedades antioxidantes, que desempenham um papel importante na proteção das células do organismo (Sánchez-Machado *et al.*, 2002).

Atualmente, a nossa sociedade vive uma enganadora abundância alimentar e encontra-se rodeada pela conhecida *fast-food*, rica em calorias e gorduras insaturadas. As consequências de uma alimentação deste tipo são a carência de nutrientes essenciais, a obesidade e doenças relacionadas com ingestão excessiva de açúcares (diabetes) e de gorduras (aterosclerose). O consumo de macroalgas representa exatamente o oposto, pois trata-se de um alimento natural e selvagem, o qual fornece elevado valor nutritivo, mas baixo em calorias (Pereira, 2011). Pobres em gorduras, as macroalgas marinhas possuem polissacarídeos que se comportam, na sua grande maioria, como fibras sem valor calórico. As macroalgas são, por isso, a melhor forma de corrigir as carências nutricionais da alimentação atual, devido ao seu variado leque de constituintes: minerais (ferro e cálcio), proteínas (com todos os aminoácidos essenciais), vitaminas e fibras (Saá,



2002). Da composição nutricional analítica das algas marinhas destaca-se a presença de minerais com valores cerca de dez vezes superiores ao encontrado nos vegetais terrestres, como é o caso do ferro presente na *Himanthalia elongata* (esparguete do mar) em comparação com o da *Lens esculenta* (lentilhas) ou, no caso do cálcio presente na *Undaria pinnatifida* (wakame) e no *Chondrus crispus* (musgo irlandês), relativamente ao leite de vaca. Contém um elevado teor de proteínas com diversos aminoácidos essenciais, constituindo um modelo de proteína de alto valor biológico, comparável em qualidade à do ovo (Pereira, 2011). Destaca-se também a presença de vitaminas em quantidades significativas, em particular a presença de vitamina B12, ausente nos vegetais superiores (Sánchez-Machado *et al.*, 2004).

É sabido que os processos de conservação de alimentos, como a ultracongelação ou a liofilização, conservam as propriedades nutritivas e organolépticas dos alimentos. A implementação da congelação industrial das algas torna-se fácil, do ponto de vista de investimento em equipamentos pois é um processo que pode ser efetuado pela indústria de congelação/transformação do pescado. Por seu lado, os produtos liofilizados não sofrem alterações de tamanho, textura, cor, sabor, aroma, teor de vitaminas, sais minerais, proteínas, etc. e, quando conservados adequadamente, mesmo à temperatura ambiente, resistem intactos durante um período de tempo elevado. Os produtos liofilizados têm baixo peso, a maioria dos produtos naturais possui mais de 80% de água, conservam-se à temperatura ambiente e, quando reconstituídos, retomam as suas propriedades originais como nenhum outro produto desidratado.

O uso de macroalgas comestíveis como ingrediente alimentar é, portanto, de indubitável interesse do ponto de vista nutricional e tecnológico. O desenvolvimento de novos produtos alimentares, em particular de pratos-prontos, com a utilização de macroalgas, abre novas possibilidades para a oferta de produtos ricos nutricionalmente e com elevado tempo de vida de prateleira.

Materiais e métodos

As macroalgas estudadas foram as *Chondrus crispus* e *Bifurcaria bifurcata*, provenientes da praia do Norte, situada em Viana do Castelo. A colheita da alga foi efetuada durante a maré-baixa nos meses de setembro e outubro de 2013. Foram escolhidas estas algas pela acentuada presença nesta praia, pela sua composição nutricional e por serem objetos de vários estudos (Fleurence, 1999; Rupérez, 2002). Após a colheita as algas foram colocadas em recipientes estanques e imersas em água do mar e seguidamente transportadas para o local de estudo. Posteriormente foram lavadas e cortadas em tiras de 20 cm de comprimento, independentemente do tipo de espécie, procedendo-se de imediato ao seu acondicionamento de acordo com o método de conservação. As algas que foram conservadas pelo método de secagem foram colocadas em tabuleiros em aço inoxidável gradeados e colocados numa câmara com ventilação natural de ar,



após a secagem foram seladas dentro de sacos e armazenadas à temperatura de 20°C ao abrigo da luz. Para o método da congelação utilizou-se um túnel de congelação (Armfield, FT36 – “Blast and Fluid Bed Freezer”, Inglaterra) o qual permite a ultracongelação dos alimentos através da circulação de ar frio forçado, -20°C a 6.20 m/s, dentro da câmara. As algas congeladas foram de seguida acondicionadas em sacos adequados, os quais foram armazenados numa câmara de conservação a -18°C. Para proceder à liofilização, as algas foram previamente congeladas a -80°C e de seguida foram colocadas num equipamento de liofilização (Christ-Alpha 1-2 LD plus, Alemanha). Posteriormente, as macroalgas, numa percentagem de 1% e 2%, foram introduzidas e confeccionadas num creme (sopa) e num estufado de legumes, respetivamente, os quais foram posteriormente analisados. Neste trabalho realizou-se uma análise sensorial com um painel semi-treinado constituído por 10 provadores, na qual foram caracterizados atributos como: gomosidade, granulicidade, densidade, doce, salgado, azedo, cor, brilho, aspeto de gel, alga evidenciada, sabor a legumes, cheiro a gordura, sabor e cheiro a macroalga. Determinou-se ainda o teor de minerais, através do método gravimétrico (NP-1135 de 1996) e a proteína através do método da NP-1996 de 1982. A determinação da atividade antioxidante foi baseada no método descrito por Rufino *et al.* (2007), trata-se de uma determinação por espectrofotometria UV-Visível a 515nm. O valor determinado com este método, EC50, é expresso em grama de amostra por grama de DPPH, que corresponde à quantidade mínima necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do DPPH (2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil) em solução. As análises foram realizadas ao estufado de legumes e ao creme de legumes, após confeção, para ambas as espécies de macroalgas após serem submetidas aos três tipos de métodos de conservação. Os resultados foram analisados individualmente por análise de variância (ANOVA). Sempre que foram detetadas diferenças ($p < 0,05$), as médias foram comparadas através do teste Tukey Kramer.

Resultados e discussão

Na Fig. 1 é possível observar o efeito do método de conservação no teor de proteína do creme de legumes e do estufado de legumes com macroalga *Bifurcaria bifurcata* (Fig. 1A) e com macroalga *Chondrus crispus* (Fig. 1B). Com os resultados obtidos foi possível verificar que o estufado de legumes se destaca do creme de legumes pelo maior teor de proteína, cerca de duas vezes maior, para ambas as macroalgas estudadas ($p < 0,05$). No caso do estufado de legumes, para ambas as macroalgas, constata-se que o processo de liofilização promove o aumento do teor de proteína quando comparado com os restantes métodos de conservação ($p < 0,05$).



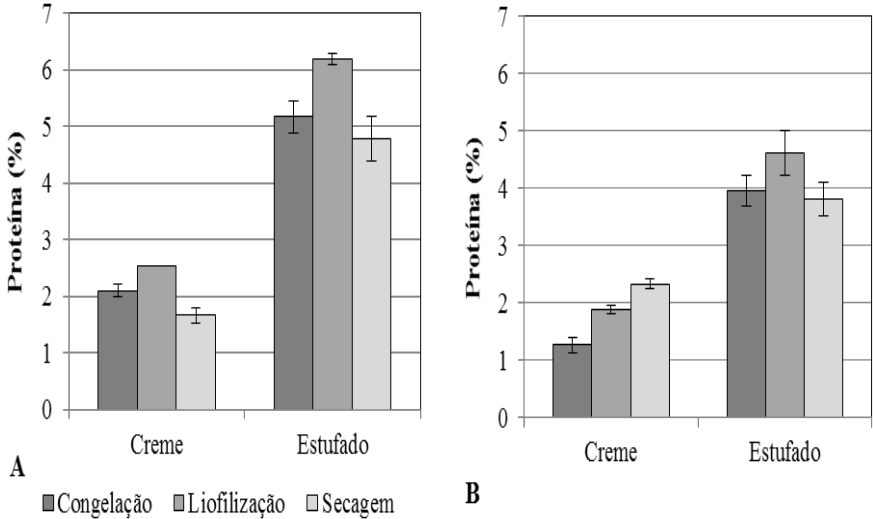


Figura 1 – Efeito do método de conservação no teor de proteína do creme de legumes e do estufado de legumes com macroalga *Bifurcaria bifurcata* (A) e com macroalga *Chondrus crispus* (B).

O mesmo comportamento foi observado para a atividade antioxidante (Fig. 2), isto é, o estufado de legumes apresenta maior atividade antioxidante (menor valor de EC50) do que o creme de legumes ($p < 0.05$), sendo este resultado mais evidente no caso da macroalga *Bifurcaria bifurcata* (Fig. 2A) relativamente à macroalga *Chondrus crispus* (Fig. 2B). Foi ainda possível observar uma atividade antioxidante mais pronunciada no caso do processo de liofilização independentemente do prato-pronto.

Na Fig. 3 é possível observar o efeito do método de conservação no teor de minerais (cinzas) do creme de legumes e do estufado de legumes com ambas as macroalgas estudadas. Verifica-se que a presença de macroalga *Bifurcaria bifurcata* (Fig. 3A) promoveu um maior teor de minerais do que a presença de *Chondrus crispus* (Fig. 3B) no estufado e no creme de legumes ($p < 0.05$). Tal como observado no teor de proteína e na atividade antioxidante, o método de conservação da liofilização aumenta o teor de minerais presente nos pratos-prontos relativamente à congelação e à secagem.



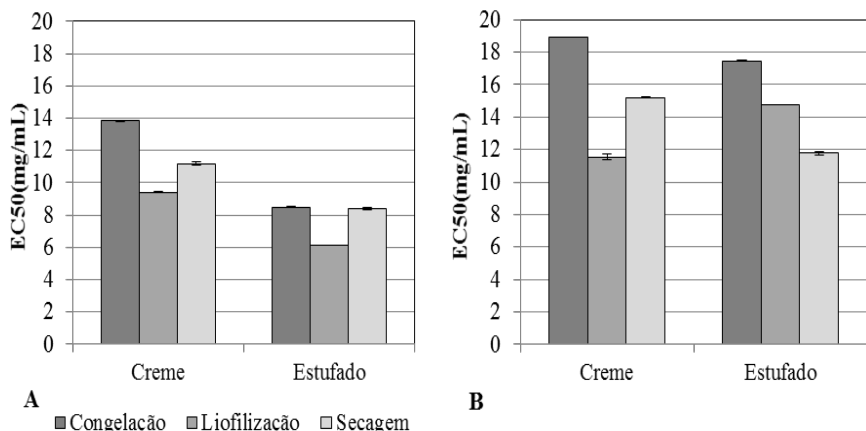


Figura 2 – Efeito do método de conservação na atividade antioxidante do creme de legumes e do estufado de legumes com macroalga *Bifurcaria bifurcata* (A) e com macroalga *Chondrus crispus* (B).

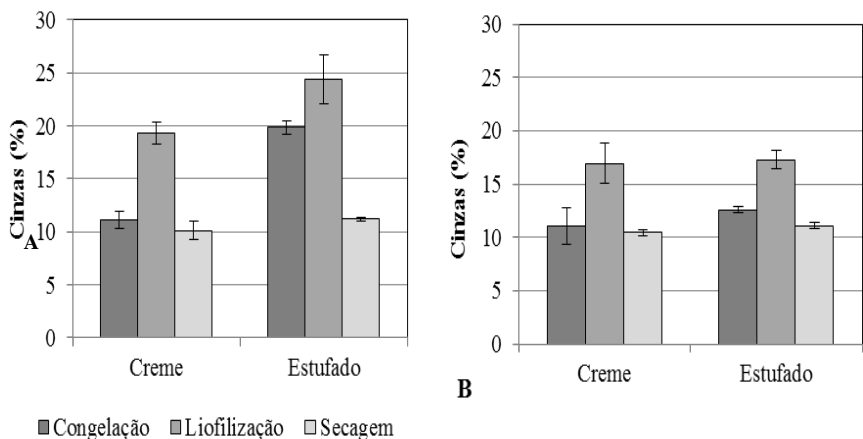


Figura 3 – Efeito do método de conservação no teor de minerais (cinzas) do creme de legumes e do estufado de legumes com macroalga *Bifurcaria bifurcata* (A) e com macroalga *Chondrus crispus* (B).

Fez-se uma prova de análise sensorial ao estufado de legumes (Fig. 4) e ao creme de legumes (Fig. 5) com ambas as macroalgas estudadas.

Da prova de análise sensorial ao creme de legumes (Fig. 4) e no caso do estufado de legumes com *Bifurcaria bifurcata* conservada por secagem, o painel notou



que este processo de conservação evidenciou atributos como: cor mais intensa, alga mais evidenciada, cheiro e o sabor a macroalga mais intenso. As mesmas características foram apontadas pelo painel, no caso do creme com *Chondrus crispus*, para a cor e o sabor a macroalga.

O mesmo perfil se verificou com o estufado de legumes (Fig. 5), o painel, mais uma vez, evidenciou a cor e o cheiro a macroalga como os atributos que mais marcaram os métodos de conservação por liofilização e secagem, para ambas as espécies de macroalgas estudadas.

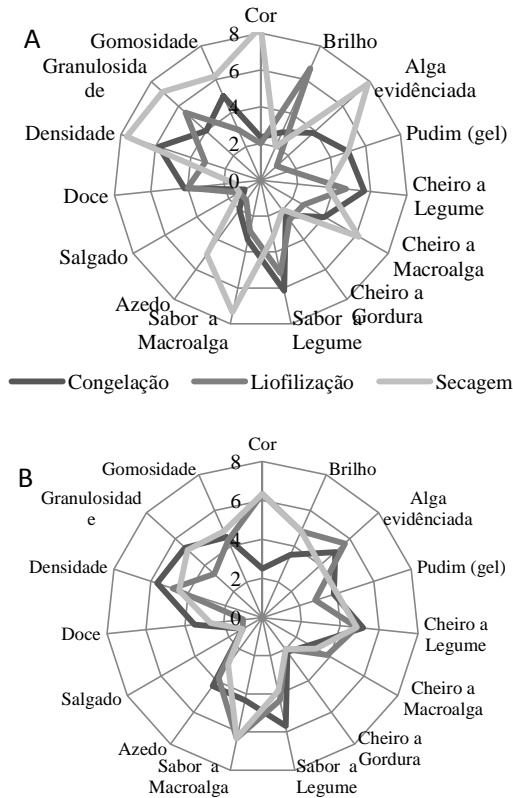


Figura 4 – Efeito do método de conservação nos atributos avaliados na prova de análise sensorial ao creme de legumes e do estufado de legumes com macroalga *Bifurcaria bifurcata* (A) e com macroalga *Chondrus crispus* (B). (Escala hedónica (0:pouco – 8:muito).



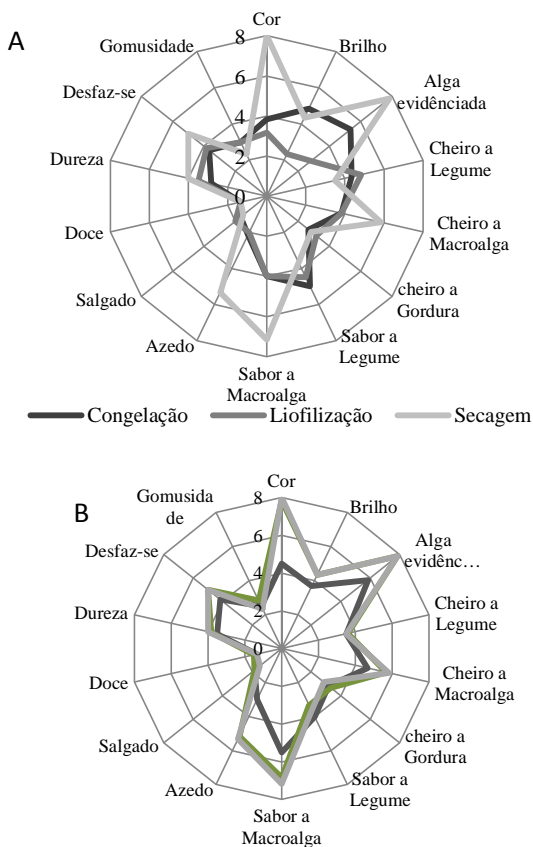


Figura 5 – Efeito do método de conservação nos atributos avaliados na prova de análise sensorial ao creme de legumes com macroalga *Bifurcaria bifurcata* (A) e com macroalga *Chondrus crispus* (B). (Escala hedónica (0:pouco – 8:muito).

Conclusões

Concluiu-se que o processo de liofilização, como método de conservação das macroalgas, promove o aumento das propriedades nutricionais nos pratos-prontos, como o creme de legumes e o estufado de legumes, quando comparado com o tradicional método de secagem ou a ultracongelação. Com os resultados obtidos concluiu-se ainda que os processos de secagem e liofilização de ambas as espécies evidenciaram o cheiro e o sabor a macroalga nos diferentes pratos-prontos estudados.



Agradecimentos

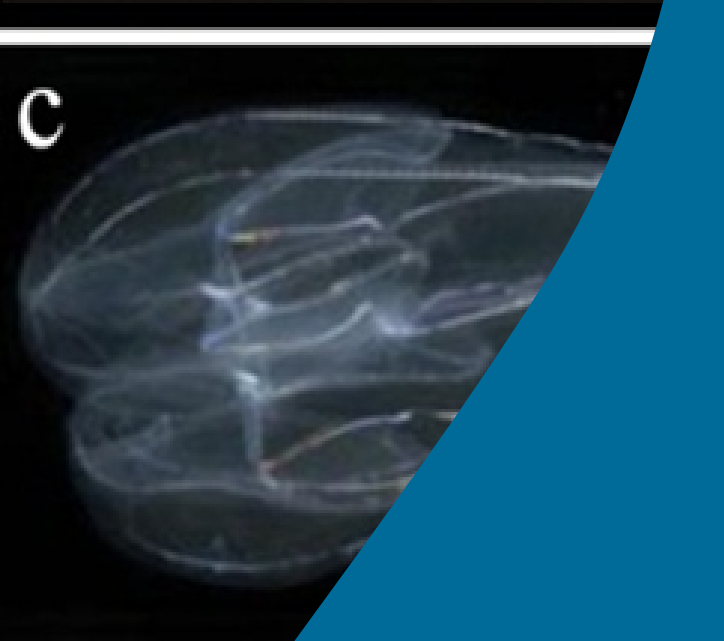
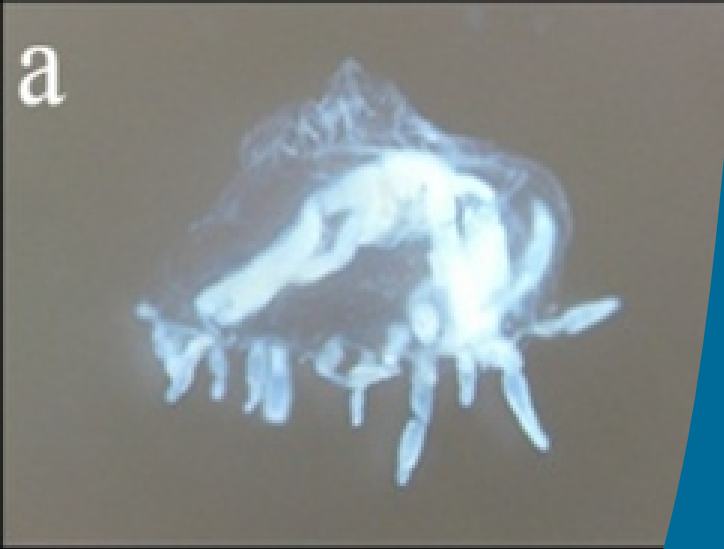
À empresa WeDoTech pelo acolhimento da estudante do Mestrado em Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar.

Referências

- Connor, W. E. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71(1): 171-175.
- Fleurence, J., Gutbier, G., Mabeau, S., E Leray, C. 1994. Fatty-acids from 11 marine macroalgae of the French Brittany Coast; *Journal of Applied Phycology*. 6(5-6): 527-532.
- Lee, S. B., Lee, J. Y., Song, D-G., Pan, C.-H., Nho, C. W., Kim, M. C. 2008. Cancer chemopreventive effects of Korean seaweed extracts; *Food Science and Biotechnology*. 17(3): 613-622.
- NP EN 1135-1996. Sumos de frutos e de produtos hortícolas. Determinação do teor em cinzas. Instituto Português da Qualidade, Portugal.
- NP1996-1982. Cereais e leguminosas. Determinação do teor de proteína bruta. Instituto Português da Qualidade, Portugal.
- Pereira, L. 2011. A Review of the Nutrient Composition of Selected Edible Seaweeds. In: Pomin, V.H.(eds.) *Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses*. Chapter 2. Nova Science Publishers Inc. New York. ISBN: 978-1-61470-920-6.
- Pereira, L. 2014. Seaweed Flora of the European North Atlantic and Mediterranean. In: Se-Kwon Kim (eds.) *Handbook of Marine Biotechnology (e-Book)*. 1800p. Part II. Springer. ISBN 978-3-642-53970-1.
- Rupérez, P. 2002. Mineral content of edible marine seaweeds. *Food Chemistry*, 79: 23-26.
- Saá, C.F. 2002. Algas do Atlântico. *Alimento e Saúde. Propriedades, receitas e descrição*. Algamar (Ed.), Redondela, Espanha: 272 pp.
- Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., López-Hernández, J., Paseiro-Losada, P. 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*. 85(3): 439-444.







**Biología,
taxonomía,
sistemática y
ecología**



Desarrollo de un sistema de visión robótica, para vehículo autónomo submarino, para restauración de arrecifes de coral

Tusa E.¹, Reynolds A.², Robertson N.², Lane D.², Bosnjak A.³, Villegas H.^{1,4}

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ingeniería Civil, Machala, Ecuador.

²Institute for Sensors, Signals and Systems Heriot-Watt University Edimburgo, Reino Unido.

³Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería, Centro de Procesamiento de Imágenes, Valencia, Venezuela.

⁴Investigadora Prometeo, Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, (SENESCYT), Ecuador.

E-mail: etusa@utmachala.edu.ec

Resumen

La restauración del arrecife de coral de manera convencional envuelve condiciones extremas para los buceadores voluntarios que trasplantan fragmentos perdidos de arrecife hacia un marco de arrecife de coral más grande. *Lophelia pertusa* constituye una de las construcciones de especies de coral más importantes en el mundo. No obstante, su ubicación genera limitaciones a la intervención humana debido a las bajas temperaturas y la profundidad del mar que es alrededor de 200 metros.

El proyecto Coralbot es una propuesta reciente, para la reparación autónoma de los arrecifes de coral, el cual reconoce arrecifes de coral y ejecuta tareas de restauración. El presente trabajo propone el desarrollo de un sistema de visión robótica de desempeño rápido para este vehículo autónomo submarino (AUV, por sus siglas en inglés). Nos enfocamos en la obtención de vectores característicos de textura de imágenes de arrecife de coral, como lo realizó Purser *et al.* (2009), utilizando filtros de Gabor Wavelets, implementados en OpenCV. Las Redes Neuronales utilizadas por Purser *et al.* (2009) consumen demasiado tiempo de cómputo, por esta razón, se evaluó la precisión y el tiempo de ejecución de nueve algoritmos de máquinas de aprendizaje, y se seleccionó el algoritmo de Árboles de Decisión para sustituir las Redes Neuronales. Se desarrolló un detector de arrecife de coral de desempeño rápido, utilizando filtros Gabor Wavelets y algoritmos de máquinas de aprendizaje. El detector de coral toma una imagen del sensor de visión y sigue los siguientes pasos: Pre-



procesamiento, Extracción de características de textura, Clasificación: Se realiza un proceso de discriminación de píxeles entre la clase coral y no coral mediante un aprendizaje supervisado de máquinas y finalmente pos-procesamiento: los falsos positivos y los falsos negativos son removidos mediante la selección de los contornos más grandes. Se presenta un detector de coral rápido, que clasifica entre dos clases: el coral y el plano de fondo que no pertenece al coral, de los 9 algoritmos de clasificación evaluados, se seleccionó el algoritmo de Árboles de Decisión (DTR) por su menor tiempo de ejecución, con la más alta precisión antes y después del pos-procesamiento (<https://www.youtube.com/watch?v=6q4UuiqZuA>).

Palabras clave

Visión robótica, vehículo autónomo submarino (AUV), Gabor Wavelets, máquinas de aprendizaje.

Introducción

La restauración del arrecife de coral de manera convencional envuelve condiciones extremas para los buceadores voluntarios que trasplantan fragmentos perdidos de arrecife hacia un marco de arrecife de coral más grande. *Lophelia pertusa* constituye una de las construcciones de especies de coral más importantes en el mundo. No obstante, su ubicación genera limitaciones a la intervención humana debido a las bajas temperaturas y la profundidad del mar que es alrededor de 200 metros (Coralbot, 2013).

El proyecto Coralbot es una propuesta reciente para la reparación autónoma de los arrecifes de coral, con la finalidad de conservar los ecosistemas oceánicos; los mismos que son vitales para la pesca comercial, el turismo y la supervivencia de otras especies. La idea consiste en combinar AUVs con inteligencia de enjambre. Este tipo de inteligencia reproduce el comportamiento de organismos como abejas, termitas o avispas que actúan en grupo desarrollando tareas complejas utilizando reglas sencillas. De esta forma, el equipo de AUVs es desplegado para reconocer arrecifes de coral y ejecutar tareas de restauración.

La presente investigación propone la implementación de un detector de coral de desempeño rápido para que sea incorporado en el robot Coralbot. En este ambiente se requiere una respuesta de posicionamiento inmediato del AUV frente al arrecife de coral; de otro modo, éste perdería su orientación, lo que causaría daños al coral o a sí mismo.

Nos enfocamos en la obtención de los vectores característicos de textura, como lo realizó Purser *et al.* (2009), utilizando filtros de Gabor Wavelets que fueron implementados usando C++ y la librería OpenCV. Sin embargo, se hizo un estudio del desempeño del algoritmo de clasificación de estos descriptores de textura debido a que las Redes Neuronales utilizadas por Purser *et al.* (2009)



consumían mucho tiempo de cómputo. Por este motivo, se evaluó la precisión y el tiempo de ejecución de nueve algoritmos de máquinas de aprendizaje. El algoritmo de Árboles de Decisión sustituye a las Redes Neuronales utilizadas por Purser *et al.* (2009).

A continuación discutiremos el estado del arte donde se resumen las teorías principales y las investigaciones actuales que explican la detección del arrecife de coral. Luego, se ilustra el desarrollo del algoritmo implementado en este proyecto. La siguiente sección presenta los resultados de la evaluación del algoritmo. Finalmente, se presentan las conclusiones.

Estado del arte del detector de coral

Descriptoros característicos del arrecife de coral

Una cantidad considerable de literatura ha sido publicada sobre la extracción de descriptoros característicos. Generalmente, la imagen es transformada en un conjunto de vectores característicos, de modo que las diferentes regiones o formas deseadas son descritas cuantitativamente mediante sus propiedades: intensidad de color, información de textura, datos del espacio, señales de borde.

El tipo de características utilizadas en la mayoría de los artículos científicos están basados en información de color y textura. Siguiendo esta tendencia, Stought, Greer & Matt (2012) proponen el uso de características de color denominadas funciones cuantiles y descriptoros de textura usando la transformada de características de escala invariante (SIFT, por sus siglas en inglés). Las características de color proporcionan buenos resultados, mientras las características SIFT fueron sensibles al ruido.

Marcos, David, Peñaflor, Ticzon & Soriano (2008) utilizan, o bien los valores de la media, el matiz y la saturación para la porción de la imagen; o los pesos mayores de los canales rojo y verde. Éstos son obtenidos mediante la comparación en el espacio normalizado de color rojo y verde, de los histogramas de las porciones de la imagen con aquellos obtenidos para los cuatro grupos de colores que ocurren en el ambiente del arrecife. Las características de texturas son generadas usando una versión rotacional invariante de los Patrones Binarios Locales (LBP, por sus siglas en inglés) (Ojala, Pietikäinen, & Mäenpää, 2002) para generar un histograma de diez componentes.

Beijbom, Edmunds, Kline, Mitchell, & Kriegman (2012) utiliza un banco del filtro rotacional invariante (el banco del filtro de respuesta máxima (MR)) para datos de textura. La información de color es también incluida mediante la aplicación de filtros a cada canal en el espacio de color Lab y apilando los vectores de respuesta del filtro.

Johnson-Roberson, Kumar & Willams (2006) generan 60 características visuales: 12 son la media y la desviación estándar de los canales RGB y HSV respectivamente. Los 48 restantes son obtenidos mediante la convolución de la región con los filtros Gabor Wavelets a seis escalas y cuatro orientaciones,



tomando la media y la desviación estándar de los resultados para cada escala y orientación.

Purser *et al.* (2009) calcula 15 máscaras diferentemente orientadas y espaciadas con el fin de producir un conjunto de 30 características de texturas. Para comparar un sistema de visión de computadoras con el uso de métodos manuales utiliza un cuadrante de 15 puntos, cuadrante de 100 puntos y un marco de mapeo.

Puesto que la información de color es susceptible a la escasa iluminación del fondo marino, se decidió explotar las características de texturas a través del uso del filtro Gabor Waveletss que utiliza Purser *et al.* (2009), y Johnson-Roberson *et al.* (2006); pero utilizando siete escalas y cinco orientaciones.

Algoritmos de discriminación de vectores característicos de textura

El diseño del algoritmo orientado a la discriminación de las clases, coral o no coral, puede ser direccionado de diferentes maneras. En la mayoría de los artículos expuestos, los autores aplican aprendizaje supervisado utilizando máquinas (Mitchell, 1997). Esto consiste en tomar un vector característico por cada píxel de la imagen y asignarle su clase, coral o no coral. La asignación de un vector característico se ajusta a un modelo de predicción derivado de los datos de entrenamiento. Este modelo de algoritmo de predicción se explica a continuación.

En el trabajo de Purser *et al.* (2009) se realiza la detección de coral utilizando Redes Neuronales. A pesar de que los resultados son satisfactorios, el algoritmo consume mucho tiempo de cómputo para la detección de coral. Este tiempo excesivo de procesamiento podría llevar al robot a enfrentar condiciones catastróficas.

Por esta razón, esta investigación evaluó el tiempo de ejecución del desempeño de nueve algoritmos de máquinas de aprendizaje para seleccionar el más rápido, estos son: 1) Árboles de Decisión (DTR) (Loh, 2011), 2) Árboles Aleatorios (RTR) (Bradski & Kaehler, 2008), 3) Árboles extremadamente aleatorios (ERT) (Geurts, Ernst, & Wehenkel, 2006), 4) Boosting (BOO) (Luber, Spinello, & Arras, 2011), 5) Gradiente de Árboles Boosting (GBT) (Friedman, 2000), 6) Clasificador Normal Bayes (NBA) (Mitchell, 1997), 7) Maximización de la Esperanza (EMA) (Bilmes, 1998), 8) Redes Neuronales (MLP) (Bradski & Kaehler, 2008), 9) Máquinas de Vectores de Soporte (SVM) (Mitchell, 1997).

Materiales y métodos

El detector de coral toma una imagen del conjunto de imágenes de prueba y sigue los siguientes pasos (Figura 1):

A. Pre-procesamiento: La imagen se lleva a escala de grises para normalizar el valor del píxel.



B. Extracción de características de textura: Los descriptores característicos de textura se extraen mediante la convolución de la imagen con un banco de filtros Gabor Wavelets. Siguiendo este procedimiento, a cada píxel de la imagen se le asocia un vector característico.

C. Clasificación: Se realiza un proceso de discriminación entre la clase coral y no coral mediante un aprendizaje supervisado de máquinas haciendo uso de los nueve algoritmos mencionados anteriormente.

D. Pos-procesamiento: Los falsos positivos y los falsos negativos son removidos mediante la selección de los contornos más grandes.

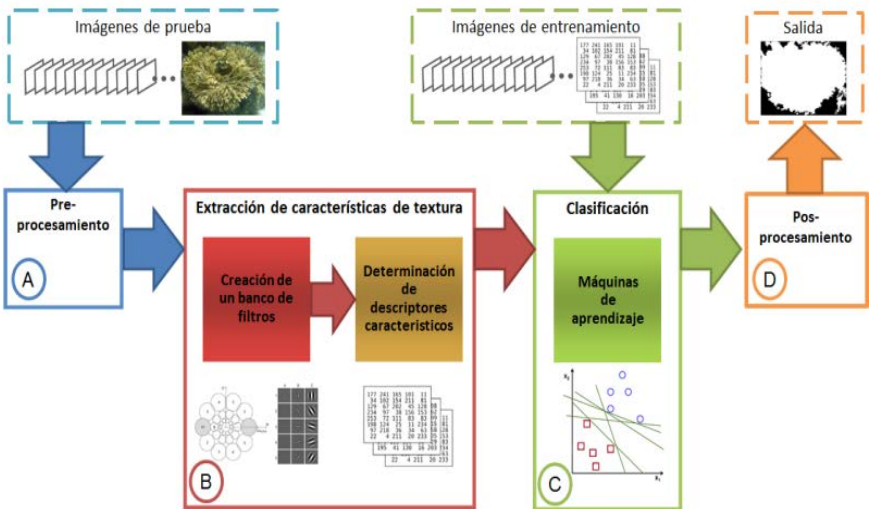


Figura 1. Diagrama de bloques del Detector de Coral: A. Pre-procesamiento, B. Extracción de características de textura, C. Clasificación y D. Pos-procesamiento.

Creación de la base de datos

La base de datos contiene 621 imágenes provenientes del arrecife de coral ubicado en Belice. Este conjunto de imágenes se divide en 110 imágenes para entrenamiento y 511 imágenes para prueba. Sobre cada imagen, el experto seleccionó regiones de interés de la imagen con la forma de un polígono, para separar las regiones que pertenecen al coral, de las regiones que no pertenecen al coral, asignándoles los valores +1 y -1, respectivamente (Figura 2), seleccionando n puntos para la clase coral, y m puntos para la clase no coral. Los elementos, en estas regiones seleccionadas, se almacenan en un vector, en donde se registran las coordenadas de los píxeles dentro de estas regiones.



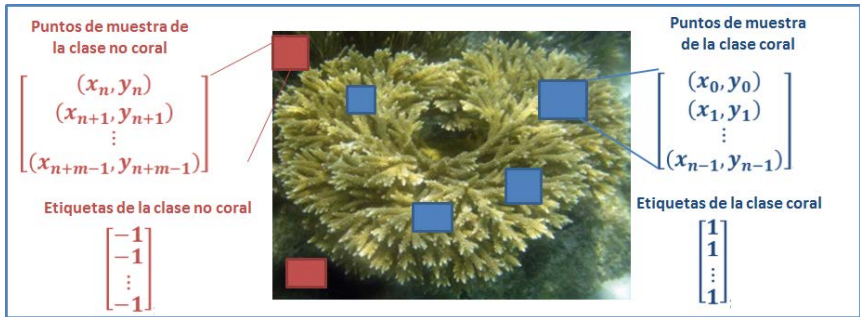


Figura 2. Las regiones de interés de la imagen está conformada por polígonos de n puntos para una clase de coral, y m puntos para una clase que no es coral.

Filtros Gabor Wavelets

En el dominio espacial, un filtro Gabor 2D es el resultado de una función Gaussiana modulada por una onda sinusoidal. La expresión matemática para este filtro se describe en (1):

$$g(x, y) = e^{-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right)} e^{-ik(x-x_0)} \quad (1)$$

Donde (x_0, y_0) es el centro de la onda Gaussiana, σ_x y σ_y son las varianzas de la Gaussiana a lo largo de los ejes x y y , respectivamente; $k = 2\pi/\lambda$ es la frecuencia espacial de una onda en el plano complejo con la onda normal a lo largo del eje x , y λ es la longitud de onda.

Se trabaja con filtros Gabor Wavelets que son funciones similares a sí mismas. Si se considera a la función $g(x,y)$ como la Gabor Wavelets matriz, entonces un banco de filtros similares a sí mismos puede ser creado mediante escalamientos y rotaciones de la función $g(x,y)$ a través de las expresiones (2), (3) y (4):

$$g_{mn} = g(x', y') \quad (2)$$

$$x' = a^{-m} (x \cos \Theta_n + y \sin \Theta_n) \quad (3)$$

$$y' = a^{-m} (-x \sin \Theta_n + y \cos \Theta_n) \quad (4)$$

El diseño del diccionario conformado por los filtros Gabor Wavelets utiliza 7 escalas y 5 orientaciones diferentes. Los parámetros del filtro son seleccionados para asegurar que una magnitud de la mitad del pico de las respuestas del filtro, en el espectro de frecuencia, se topen entre ellas (Manjunath & Ma, 1996). Las expresiones para mantener estas condiciones están dadas por (5), (6), (7):



$$a = \left(\frac{U_h}{U_l} \right)^{\frac{1}{M-1}} \tag{5}$$

$$\sigma_x = \frac{(a+1)\sqrt{2\ln(2)}}{2\pi(a-1)U_h} \tag{6}$$

$$\sigma_y = \frac{\sqrt{2\ln(2) - \left(\frac{\ln(2)}{\pi\sigma_x U_h} \right)^2}}{2\pi \tan\left(\frac{\pi}{2N}\right) \left[U_h - 2\ln\left(\frac{1}{2\pi^2\sigma_x^2 U_h}\right) \right]} \tag{7}$$

Donde a es un factor de la escala del filtro, U_l y U_h denotan la más baja y la más alta frecuencias de interés, respectivamente. M es el número de escalas y N es el número de orientaciones. En la Tabla 1 se muestran los valores de los parámetros utilizados para generar el banco de filtros. Se sigue los procedimientos señalados en Manjunath & Ma (1996), y Chen et. al (2004) para seleccionar los valores de la frecuencia. Chen *et al.* (2004) resaltan que es muy raro tener imágenes con valores extremos de frecuencias límites inferior y superior entre 0 y 0.5.

Tabla 1. Parámetros del banco de filtros Gabor Wavelets.

| Parámetro | Valor |
|-----------------------------------|-------|
| Número de escalas | 7 |
| Número de orientaciones | 5 |
| Frecuencia central superior U_l | 0.40 |
| Frecuencia central inferior U_h | 0.05 |

Extracción de las características de textura

Manjunath *et al.* (1996) propone un método que utiliza propiedades estadísticas de la repuesta de los filtros con la finalidad de obtener una descripción significativa de textura. Esto se logra mediante la determinación de la media y la desviación estándar no normalizada de la imagen.

La idea es dividir la imagen en conjuntos de bloques rectangulares sobrepuestos que están centrados sobre una malla. Por cada bloque, un vector de textura es

calculado y asociado con su correspondiente posición en la malla. La resolución de la malla es igual a la resolución de la imagen en píxeles, cuyo tamaño es de 1024 x 768.

El valor de la media sobre un bloque pequeño es equivalente a la convolución de una imagen de coral con la máscara del filtro. Ontrup, Ritter & Wersing, (2004) utilizan máscaras Gaussianas con el fin de mejorar los resultados de alisamiento. Las características de textura están dadas por las siguientes expresiones en (8) y (9):

$$\mu_{mn}(x, y) = c_{mn}(x, y) * gs_{mn}(x, y) \quad (8)$$

$$\sigma_{mn}(x, y) = \sqrt{(c_{mn}(x, y) - \mu_{mn}(x, y))^2 * gs_{mn}(x, y)} \quad (9)$$

Donde $c_{mn}(x, y)$ es la respuesta al canal mn , correspondiente a la escala m y la orientación n , mientras que $gs_{mn}(x, y)$ está dada por la expresión en (10):

$$gs_{mn}(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\rho_x^2} - \frac{y^2}{2\rho_y^2}\right) \quad (10)$$

Ontrup *et al.* (2004) seleccionaron los anchos del filtro de alisamiento a ser $\rho_x = 3\sigma_x$ y $\rho_y = 3\sigma_y$. Por cada ubicación del píxel en la imagen de entrada, se genera un vector característico de dimensión 70, $t(x, y)$, describiendo la textura local en ese punto:

$$t(x, y) = [\mu_{1,1} \quad \dots \quad \mu_{5,7} \quad , \quad \sigma_{1,1} \quad \dots \quad \sigma_{5,7}] \quad (11)$$

Resultados y discusión

Los experimentos de este trabajo consistieron en comparar los nueve algoritmos: Árboles de Decisión (DTR), Árboles Aleatorios (RTR), Árboles extremadamente aleatorios (ERT), Boosting (BOO), Gradiente de Árboles Boosting (GBT), Clasificador Normal Bayes (NBA), Maximización de la Esperanza (EMA), Redes Neuronales (MLP), Máquinas de Vectores de Soporte (SVM); disponibles en la librería OpenCV. Se usó una base de datos de 621 imágenes de los arrecifes de coral de Belice, con 110 imágenes para entrenamiento y 511 imágenes para prueba.

Los expertos seleccionaron regiones de interés de las 110 imágenes de entrenamiento y generaron 6.800.071 vectores característicos, para el



entrenamiento de los algoritmos clasificadores de máquinas de aprendizaje, mencionadas anteriormente. La Figura 3 resume las diferentes métricas utilizadas para comparar los algoritmos clasificadores: Tiempo de ejecución, Precisión, Especificidad y Sensitividad.

El resultado de estos experimentos de comparación dio como algoritmo más rápido, el Árbol de Decisión (DTR) al clasificar una imagen de 1024 x 768 píxeles en un tiempo de ejecución de 70 ms. El tiempo de los demás algoritmos se puede apreciar en la Figura 3a.

Resultados de la evaluación de la precisión

La precisión mide la tasa de predicciones correctas del número total de casos evaluados. Aunque ERT, MLP, GBT y BOO sobrepasan el 70% de precisión, no revelan un desempeño satisfactorio a través de la inspección visual de los resultados en la Figura 4. DTR, NBA y EMA desarrollan visualmente una mejor discriminación, pero sus precisiones no sobrepasan el 60%. SVM no produce una clasificación notoria entre los nueve clasificadores.

Resultados de la evaluación de la sensibilidad y especificidad

La sensibilidad es una medida de probabilidad para una segmentación que recoge la presencia de coral en la ubicación correcta cuando esta clase está originalmente en esa ubicación. La especificidad es definida como la probabilidad en que la imagen segmentada, el arrecife de coral no es detectado en una ubicación cuando de hecho no es arrecife de coral. Un resultado importante es que las tasas de especificidad son más bajas que las tasas de sensibilidad. En general, si la sensibilidad es alta y la especificidad es baja, entonces no hay necesidad de preocuparse de los píxeles del plano de fondo en la imagen segmentada, pero el coral segmentado debe ser reexaminado para eliminar los falsos positivos (plano de fondo seleccionado por error como coral). Por tal motivo, se realiza una etapa de posprocesamiento.

Resultados de la evaluación del pos-procesamiento

El pos-procesamiento aplica un algoritmo de conexión de componentes. Algunos puntos fueron removidos de las regiones de coral en los resultados de DTR, EMA y NBA. Esto clarifica una mejor ubicación del arrecife de coral en la escena. Además, el algoritmo descarta falsos negativos presentes en el plano de fondo. Los valores de especificidad se disminuyen para casi todos los clasificadores, con excepción de Redes Neuronales que presenta un incremento (Figura 3c). Se muestra incrementos en las tasas de sensibilidad para DTR, BOO y SVM. El resto de clasificadores no exhiben una mejora significativa de sensibilidad (Figura 3d)



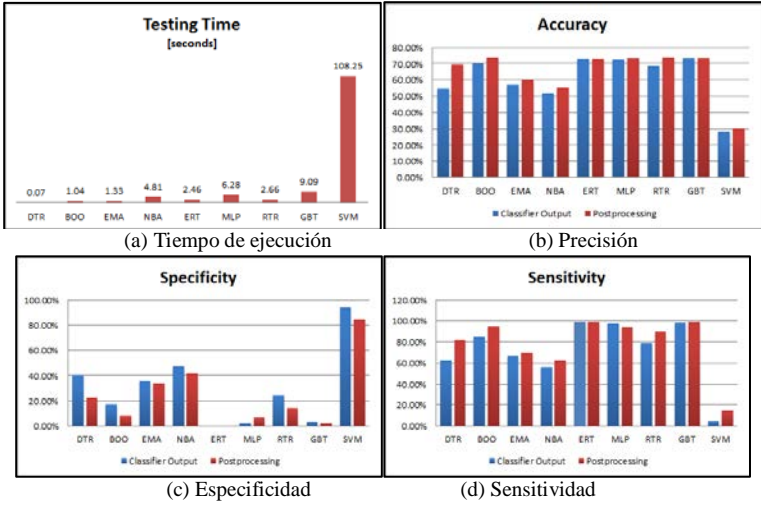


Figura 3. Métricas utilizadas para la comparación de los nuevos clasificadores: (a) Tiempo de ejecución. (b) Precisión. (c) Especificidad. (d) Sensitividad.

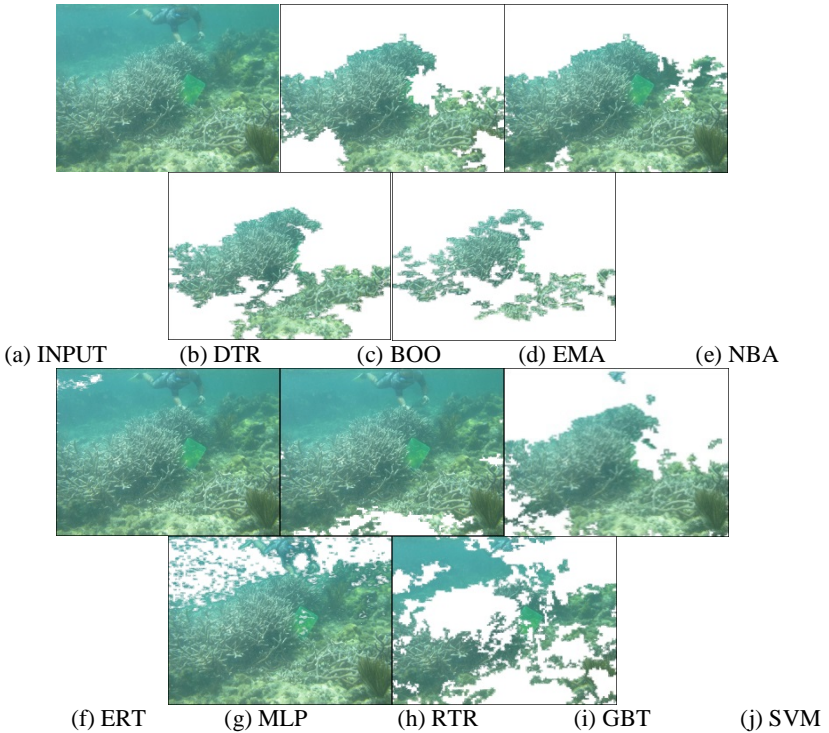


Figura 4. Resultados de la detección del coral Staghorn



Conclusiones

Este artículo presenta un detector de coral que clasifica entre dos clases: la clase que pertenece al coral y el plano de fondo que no pertenece al coral. El algoritmo de aprendizaje supervisado se entrena con vectores característicos de textura generados por un banco de filtros Gabor Wavelets. Nueve clasificadores fueron evaluados mediante 4 métricas. Los clasificadores: Árboles extremadamente aleatorios, Gradiente de Árboles Boosting, Redes Neuronales y Máquinas de Vectores de Soporte; mostraron dificultades para discriminar las clases. En contraste, los clasificadores: Árboles de Decisión, Boosting, Maximización de la Esperanza, Clasificador Normal Bayes y Árboles Aleatorios; presentaron una clasificación visual prometedora. El algoritmo de Árboles de Decisión (DTR) presentó el menor tiempo de ejecución con la más alta precisión antes y después del pos-procesamiento. Por lo tanto, recomendamos la inclusión del algoritmo de Árboles de Decisión (DTR) como un software imprescindible para el robot submarino: Coralbot.

El trabajo futuro consiste en la integración del detector de coral con el AUV Coralbot mediante un simulador de robots marinos, denominado UWSim con la finalidad de probar algoritmos de servocontrol. Éstos permitirán relacionar la velocidad del robot con la ubicación del arrecife en la escena, para ejecutar acciones de control y evitar así su desorientación o la ruptura del arrecife.

Referencias

- Beijbom, O., Edmunds, P., Kline, D., Mitchell, G., & Kriegman, D. (2012). Automated Annotation of Coral Reef Survey Images. *Proceedings of the 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1170-1177.
- Bilmes, J. (1998). A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models. *International Computer Science Institute and Computer Science Division*.
- Bradski, G., & Kaehler, A. (2008). *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*. Cambridge, MA: O'Reilly.
- Chen, L., Lu, G., & Zhang, D. (2004). Effects of different gabor filter parameters on image retrieval by texture. *Multimedia Modelling Conference, 2004. Proceedings. 10th International*, 273 - 278.
- Coralbot, T. (1 de Abril de 2013). *About coral reefs and current approaches for restoration*. Obtenido de Coralbot Web site: <http://www.coralbots.org/>
- Friedman, J. (2000). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Annals of Statistics*, 1189-1232.
- Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L. (2006). *Extremely randomized trees*. Liege: Springer Science + Business Media.



- Johnson-Roberson, M., Kumar, S., & Willams, S. (2006). Segmentation and classification of coral for oceanographic surveys: A semi-supervised machine learning approach. *Proceedings of OCEANS 2006 - Asia Pacific*.
- Loh, W.-Y. (2011). Classification and regression tree. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, 14-23.
- Luber, M., Spinello, L., & Arras, K. O. (2011). People tracking in rgb-d data with on-line boosted target models., in *Proc. of the IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*.
- Manjunath, B. S., & Ma, W. Y. (1996). Texture features for browsing and retrieval of image data. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 837-842.
- Marcos, M. S., David, L., Peñaflor, E., Ticzon, V., & Soriano, M. (2008). Automated benthic counting of living and non-living components in Ngedarrak Reef, Palau via subsurface underwater video. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177-184.
- Mitchell, T. (1997). *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Ojala, T., Pietikäinen, M., & Mäenpää, T. (2002). Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 971-987.
- Ontrup, J., Ritter, H., & Wersing, H. (2004). A computational feature binding model of human texture perception. *Cognitive Processing*, 34-44.
- Purser, A., Bergmann, M., Lundälv, T., Ontrup, J., & Nattkemper, T. W. (2009). Use of machine-learning algorithms for the automated detection of cold-water coral habitats: a pilot study. 397(3354/meps08154).
- Stough, J., Greer, L., & Matt, B. (2012). Texture and Color Distribution-based Classification for Live Coral Detection. *Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium*.



Caracterización del sistema digestivo durante el desarrollo larval de la cojinoba del norte *Seriollella violacea*

Alveal¹, K., Silva², A.

¹Programa de Doctorado en Acuicultura, Programa Cooperativo UCV-UCH-UCN. Chile.

²Departamento de Acuicultura. Facultad de Ciencias del Mar. Universidad Católica del Norte. Coquimbo. Chile.

E-mail: kalvealz@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se estudió el desarrollo del sistema digestivo y de sus estructuras asociadas en la Cojinoba del Norte. Las larvas se obtuvieron de desoves naturales de un grupo de reproductores en cautiverio, fueron sembradas en estanques de 500l alimentadas con rotíferos, nauplios y metanauplios de artemia. En la eclosión, presentó un tubo recto indiferenciado adosado al saco vitelino. En la primera alimentación (5DDE) se ha reabsorbido casi por completo el saco vitelino, permaneciendo la gota de aceite, la boca y el ano están abiertos. En el día 10 DDE el esófago se encuentra cubierto por un epitelio simple, el hígado y el páncreas se encuentran en fase de diferenciación comenzando a formar órganos compactos, la mucosa del intestino comienza a formar pliegues mostrando el borde del cepillo. En el día 20 el estómago presenta una forma de funda y su epitelio se comenzó a diferenciar en una región cardiaca y pilórica, sin observarse aun las glándulas gástricas. En el día 35 DDE, se observa el desarrollo de un estómago verdadero lo que coincide con la flexión del notocordio en el mismo día. En el día 40 DDE, una capa muscular mucosa, una submucosa y una túnica muscular podría distinguirse claramente en el estómago, rodeado por una membrana serosa exterior. Por lo tanto, desde el punto de vista nutricional, las larvas se han transformado a juveniles. Sin embargo, el estómago sigue aumentando en tamaño, las glándulas gástricas se vuelven más prolíficas y los pliegues de la mucosa del intestino continúan proliferando.

Palabras Clave

Histología; sistema digestivo; *Seriollella violacea*; larvas; ontogenia.

Introducción

Entre las especies nativas de importancia económica para la zona Norte de Chile, la Cojinoba del Norte *Seriotelella violacea* (Guichenot, 1848), pez de gran tamaño y carne blanca, posee un rápido crecimiento, desoves espontáneos en cautiverio, y altas tasas de fecundidad, lo que hace que esta especie sea atractiva de cultivar. En general en el cultivo de peces marinos el período larval es considerado uno de los principales cuellos de botella, debido a las altas mortalidades que se presentan, que se han relacionado a una insuficiente nutrición de las larvas (Sorgeloos *et al.*, 1991). Durante el desarrollo larval, los primeros días presentan una nutrición endógena obteniendo su energía desde el saco vitelino y de la gota de aceite. Una vez que las reservas endógenas son absorbidas el alimento debe ser obtenido de una fuente exógena, en donde, al momento de la primera alimentación el tracto digestivo no está completamente desarrollado (Govoni *et al.*, 1986).

En el momento de la eclosión, el sistema digestivo de las larvas es un simple tubo recto y corto sin mayor diferenciación. Durante el desarrollo y maduración del tracto digestivo no se observan grandes cambios morfológicos hasta que se inicia la formación del estómago con sus glándulas gástricas, y los ciegos pilóricos, además presentan un páncreas, vesícula biliar e hígado inmaduros lo que se refleja en bajas tasas de secreción enzimática y una capacidad digestiva limitada (Kolkovski *et al.*, 2009). Una comprensión detallada del desarrollo del tracto digestivo puede contribuir a aumentar el éxito en el cultivo larval, poniendo la base para el desarrollo de protocolos de alimentación que concuerden con los requerimientos nutricionales de las larvas.

El propósito de este trabajo fue describir el desarrollo del sistema digestivo y sus órganos asociados en la Cojinoba del Norte, durante los primeros 45 días después de la eclosión, proporcionando conocimientos para mejorar los protocolos de alimentación durante esta etapa del desarrollo.

Materiales y métodos

Las larvas de *S. violacea* fueron obtenidas por medio de desoves espontáneos de reproductores mantenidos bajo condiciones controladas en el laboratorio de peces de la Universidad Católica del Norte. Una vez recolectados los huevos fueron incubados en estanques de 500 l con agua de mar filtrada. Aireación constante y un continuo recambio de agua hasta su eclosión. Las larvas eclosionadas fueron sembradas a una densidad de 40 larvas/L en estanques de 1000 L. Los parámetros de salinidad (35‰ ± 1), oxígeno disuelto (5,0 mg/L ± 0,5) y temperatura (13°C – 14°C) se controlaron a diario. La alimentación exógena se inicio a partir del día 5 después de la eclosión (DDE) en el momento que las larvas concluyeron con la absorción de la gota lipídica. Los alimentos



suministrados fueron rotíferos (*Brachionus plicatilis*) enriquecidos con hojuelas de “AlgaMac 3050 flake” durante los primeros 20 días de cultivo, *Artemia* sp. (Nauplios y Metanauplios), y luego con “Bio-Marine Brine Shrimp” a partir del día 18 de cultivo, para continuar con la alimentación de micro pellet MP-150-300, a partir del día 45 de cultivo, según protocolo estándar de alimentación de peces marinos utilizados en el Laboratorio de Cultivo de Peces de la Universidad Católica del Norte Chile. Las larvas muestreadas fueron de 20 individuos recogidos al azar a los 0, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, y 45 días después de la eclosión (DDE) para el procedimiento histológico. Después de su recolección las larvas fueron medidas y fijadas en formalina tamponada al 10% para la confección de laminas histológicas, siendo teñidas con Hematoxilina-Eosina de Harris (Johnson 1980).

Resultados

El crecimiento en longitud de las larvas de *S. violacea* estuvo linealmente relacionado con la edad ($r^2=0,869$) (Fig. 1).

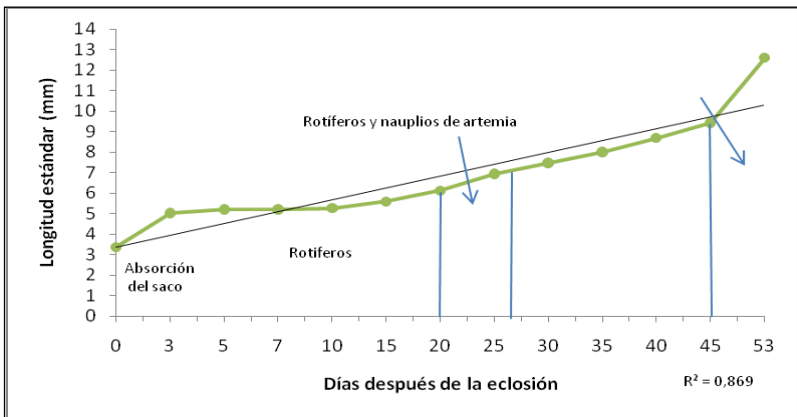


Figura 1. Longitud estándar de *Seriollela violacea* desde los 0 a los 45 días después de la eclosión. Mostrando el tipo de dieta a lo largo del crecimiento.

Al eclosionar las larvas tenían una longitud promedio de $3,36 \pm 0,06$ mm, presentaban un sistema digestivo indiferenciado, formado por un tubo recto acostado dorsalmente al saco vitelino. No se observan glándulas accesorias y la boca y el ano permanecen cerrados (Fig. 2).



Figura 2. Corte longitudinal de *S. violacea*, 0 DDE. Intestino insipiente (ii), saco vitelino (sv), ojo (o). Aumento 4x.

En el día 3 DDE ($5,03 \pm 0,26$ mm) el intestino se divide en dos regiones, la zona anterior o prevalvular y la región posterior o postvalvular, esta regionalización del intestino se identifica por la aparición de un ángulo de constricción en el último tercio del intestino (Fig. 3), a nivel histológico no se encontraron diferencias morfológicas entre ambas zonas.

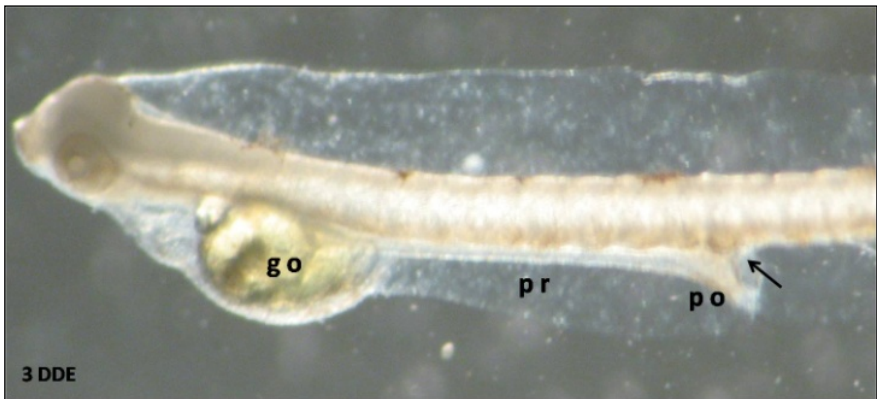


Figura 3. Larva de *S. violacea*, 3DDE. Gota oleosa (go), prevalvular (pr), postvalvular (po), ángulo de constricción (→).



Entre los días 5 y 7 DDE ($5,20 \pm 0,29$ mm) se ha reabsorbido casi por completo el saco vitelino, permaneciendo la gota de aceite (Fig. 4), tanto la boca como el ano están abiertos.



Figura 4. Corte longitudinal de *S violácea*, 5 DDE. Cavidad bucofaríngea (CB), esófago(E), válvula oral(VO), fibras musculares (FM), gota oleosa(GO). Aumento 4x.

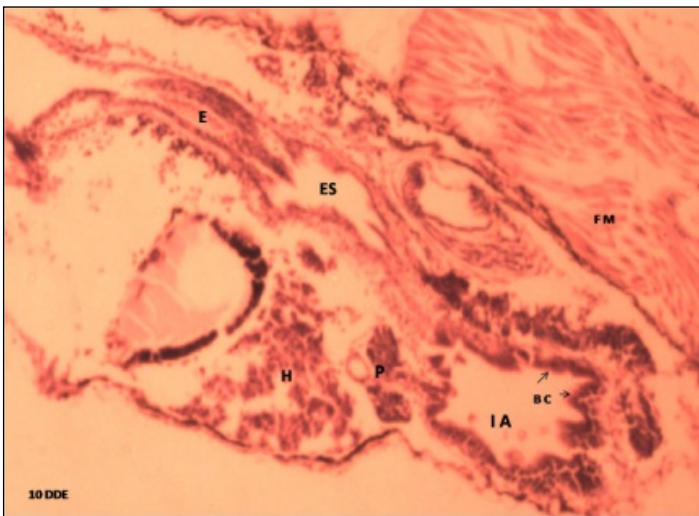


Figura 5. Corte longitudinal de *S violácea*, 10 DDE. Esófago (E), estómago (ES), hígado (H), páncreas (P), intestino anterior (IA), borde del cepillo (BC). Aumento 10x.

A los 10 DDE ($5,26 \pm 0,21$ mm) el esófago se encuentra cubierto por un epitelio simple, el hígado y el páncreas se encuentran en fase de diferenciación comenzando a formar órganos compactos, la mucosa del intestino comienza a formar pliegues mostrando el borde del cepillo. Un presunto estómago, bordeado por un sencillo epitelio comenzó a diferenciarse como una dilatación del esófago posterior (Fig. 5).

Entre los días 15 y 20 DDE ($5,60 \pm 0,22$ mm; $6,12 \pm 0,23$ mm) se observa un aumento en la cavidad abdominal. En el día 20 DDE el estómago presenta una forma de funda y su epitelio se comienza a diferenciar en una región cardiaca (estómago glandular) y pilórica (estómago no glandular), sin observarse aún las glándulas gástricas. En el día 25 DDE ($6,94 \pm 0,24$ mm) comienza una diferenciación morfológica más pronunciada entre el intestino anterior y posterior, observándose la válvula intestinal que separa ambas partes del intestino; en la primera parte se forman una serie de pliegues y comienza a incrementarse el grosor de la capa submucosa, mientras que en el intestino posterior sólo se forman algunos pliegues de menor tamaño y la capa submucosa permanece más delgada. (Fig. 6 y 7).

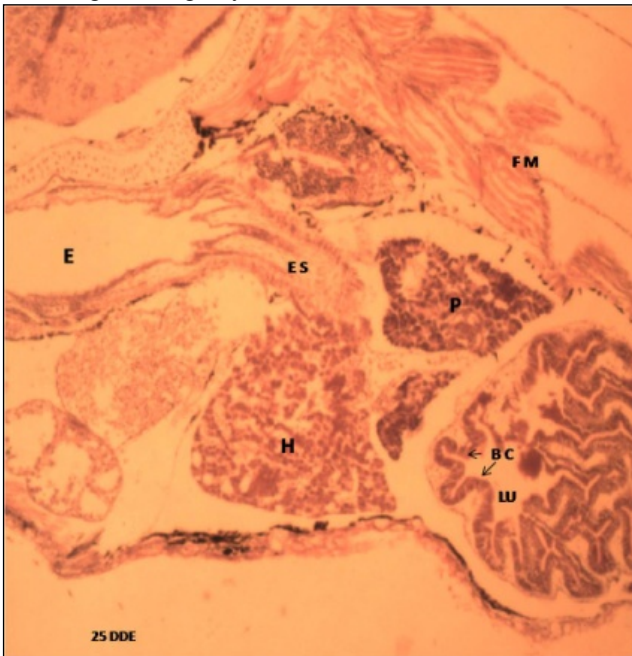


Figura 6. Corte longitudinal de *S. violacea*, 25 DDE. Esófago (E), estómago (ES), hígado (H), páncreas (P), fibras musculares (FM), borde del cepillo (BC), lumen (LU). Aumento 4x.





Figura 7. Corte longitudinal de *S violacea*, 25 DDE. Intestino anterior (IA), intestino posterior (IP), válvula intestinal (VI), válvula anal (VA). Aumento 4x.

En el día 35 DDE ($8,00\pm 0,41$ mm) se observa el desarrollo de un estómago verdadero lo que coincide con la flexión del notocordo. En el día 40 DDE ($8,68\pm 0,66$ mm), una capa muscular mucosa, una submucosa y una túnica muscular podría distinguirse claramente en el estómago, rodeado por una membrana serosa exterior. El número de gándulas gástricas aumentó significativamente con el desarrollo de las larvas, de manera que aparecieron en gran parte difundidas a través del estómago. Por lo tanto, desde el punto de vista nutricional, las larvas se han transformado a juveniles. Sin embargo, el estómago sigue aumentando en tamaño, las glándulas gástricas se vuelven más prolíficas y los pliegues de la mucosa del intestino anterior y posterior continúan proliferando, aumentando así la superficie de absorción.

Discusión

El desarrollo del sistema digestivo de las larvas de Cojinoba del Norte es similar a la descrita para otras especies de peces marinos. En la eclosión, el sistema digestivo era un tubo recto e indiferenciado, tal como se informa en otras especies de teleósteos como el rodaballo *Psetta máxima* (Segner *et al.*, 1993), lubina *Dicentrarchus labrax* (Cahu y Zambonino, 1994), dorada *Sparus aurata* (Sarasquete *et al.*, 1993), lenguado de California *Paralichthys californicus*

(Zacarias-Soto *et al.*, 2013), palometa *Seriola lalandi* (Chen *et al.*, 2006), y cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Peña *et al.*, 2003). Desde la eclosión hasta los 5 DDE, las larvas de Cojinoba del Norte dependían exclusivamente de una fuente endógena de alimentación. Algunos autores han informado que la alimentación endógena en las larvas de peces se produce por endocitosis del saco vitelino y de la gota de aceite a través de un sincitio que rodea el saco vitelino (Balon, 1986; Heming y Buddington, 1988). El hígado y el páncreas en la Cojinoba del Norte se diferencian en los primeros días después de la eclosión. Otros autores señalan de que el páncreas y el hígado de varias especies de teleósteos presentan desarrollo temprano (Bisbal y Bengtson, 1995; Guyot *et al.*, 1995; Kurokawa y Suzuki, 1996). A nivel histológico se observó que las larvas a los 10 DDE ya tienen el hígado diferenciado y con un mayor grado de desarrollo en comparación con otros órganos. De la misma manera, a esa edad el páncreas exocrino ya se encuentra diferenciado, lo que indica que ya existe la producción de precursores enzimáticos (Govoni, 1980). En la Cojinoba del Norte la formación de un estómago verdadero se dio a los 40 DDE, que junto con el desarrollo de las glándulas gástricas y los ciegos pilóricos se consideran el último gran evento en el desarrollo del sistema digestivo (Bablolle *et al.*, 1997). Según lo propuesto por algunos autores, su presencia designaría el final del periodo larval y el inicio de la etapa juvenil (Tanaka, 1973; Bisbal y Bengtson, 1995; Sarasquete *et al.*, 1995). El desarrollo morfológico completo del sistema digestivo en la Cojinoba del Norte se puede observar desde los 40 DDE, en comparación con otras especies cultivadas comercialmente como la dorada y la lubina Europea cuyo estómago se desarrolla después de los 30 DDE (García - Hernández *et al.*, 1994; Sarasquete *et al.*, 1995). La deshabitación de la Cojinoba del Norte en nuestro laboratorio es a partir del día 45 DDE, con una coalimentación de juveniles de artemia y una dieta formulada. De acuerdo a estos resultados el proceso de deshabitación podría adelantarse desde el día 40 DDE.

Conclusiones

En conclusión, la ontogenia del sistema digestivo de la Cojinoba del Norte siguió el mismo patrón general que la mayoría de las especies de peces marinos descritos hasta la fecha. Sin embargo, las diferencias especie específicas en la aparición de células funcionales y glándulas gástricas fueron notadas. Tales diferencias en el tiempo de la diferenciación y la funcionalidad de algunas regiones del tracto alimentario podrían estar relacionado con el tamaño de los huevos, las temperaturas de crianza y las practicas de alimentación (Barnabé, 1994; Kuzmina y Gelman, 1998). El trabajo futuro debe centrarse en la ontogenia de las secreciones enzimáticas para proporcionar información precisa acerca de la funcionalidad del sistema digestivo, información relevante al momento de decidir cuándo es el momento adecuado para la deshabitación.



Agradecimientos

Este trabajo fue realizado en el laboratorio de cultivo de peces marinos de la Universidad Católica del Norte Coquimbo, Chile. Bajo la dirección del Dr. Alfonso Silva A. Financiamiento proyecto FONDEF N° DO2I116.

Referencias

- Barnabe, G., 1994. *Aquaculture. Biology and Ecology of Cultured Species*. Ellis Horwood, Hertfordshire. 430 pp.
- Cahu, C.L., Zambonino Infante, J.L., 1994. Early weaning of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae with a compound diet: effect on digestive enzymes. *Comp. Biochem. Physiol. A* 109, 213–222.
- Clark, J., Murray, K. R. & Stark, J. R. (1986). Protease development in Dover sole (*Solea solea*), *Aquaculture*, 53: 253-262.
- Chen Ben N, Qin Jian G, Kumar Martin S., Hutchinson Wayne G., Clarke Steven M. (2006). Ontogenetic development of digestive enzymes in yellowtail kingfish *Seriola lalandi* larvae. *Aquaculture*, 260 (264–271).
- Gisbert E., R.H. Piedrahita y D.E. Conklin. 2003. Ontogenetic development of the digestive system in California Halibut (*Paralichthys californicus*) with notes on feeding practices. *Aquaculture* 232 (1-4): 455-477.
- Gisbert, E., Sarasquete, M.C., Williot, P., Castello-Orvay, F., 1999. Histochemistry of the development of the digestive system of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*, Brandt) during early ontogeny. *Journal of Fish Biology* 55, 596–616.
- Kolkovski, S., JP Lazo Corvera, D. Leclercq y M. Izquierdo. (2009) Larvas y la dieta: los nuevos desarrollos. Eds: G. Burnell y G. Allan, Editores, "Nuevas Tecnologías en Acuicultura: Mejora de la Eficiencia de Producción, Calidad y Gestión Ambiental". Woodhead Publishing. ISBN: 978-1-84569-384-1. (PA: 98694)
- Kjorsvik, e., Van der Meeren, T., Kryvi, H., Arnfinnson, J. & Kvenseseth, P.G. (1991). Early development of the digestive tract of cod larvae, *Gadus morhua* L., during start-feeding and starvation. *J. Fish. Biol.*, 38: 1-15.
- Martínez, M.I., Alarcón, F.J., Dehesa, M.R. & García, A. (1997). Evolución del equipamiento enzimático digestivo a lo largo del desarrollo larvario del dentón (*Dentex dentex*). *Actas VI Congr. Nac. Acuicultura*, (pp. 509-514).
- Kuz'mina, V.V., Gel'man, A.G., 1998. Traits in the development of the digestive function in fishes. *J. Ichthyol.* 38, 106 – 115.
- Moyano, F.J., Diaz, M., Alarcon, F.J. & Sarasquete, M.C. (1996). Characterization of digestive enzyme activity during larval development of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish Physiol. Biochem.*, 15: 121-130.
- Peña R., Dumas S., Villalejo-Fuerte M., Ortiz-Galindo J.L. 2003. Ontogenetic development of the digestive tract of reared spotted sand bass *Paralabrax maculatofasciatus*. *Aquaculture* 219, 633-644.
- Sarasquete, M. C., Polo, A. & Gonzalez de Canales, M. L. (1993). A Histochemical and Immunohistochemical study of digestive enzymes and hormones during the larval development of *Sparus aurata* L. *Histochem. J.*, 24: 337-344

- Yufera, M., Pascual, E., Polo, A. & Sarasquete, M.C. (1993). Effect of starvation on the feeding ability of gilthead seabream *Sparus aurata* L. larvae at first feeding. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 169: 259-272.
- Zacarias-Soto, Barón-Sevilla & J.P. Lazo. 2013. Ontogeny and distribution of alkaline and acid phosphatases in the digestive system of California halibut larvae (*Paralichthys californicus*) *Fish Physiol Biochem* DOI 10.1007/s10695-013-9787-5.



Primera caracterización del plancton gelatinoso del estuario del río Guadalquivir (SW España)

R. Diz, Fernando^{1,2}, González-Ortegón, E.², Vilas, C.²

¹Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí. Departamento Central de Investigación. Cdla. Universitaria s/n. Manta. Manabí. Ecuador.

²IFAPA Centro “El Toruño”. Camino Tiro de Pichón s/n, 11500. El Puerto de Santa María. Cádiz. España.

E-mail: fernando.rey@uleam.edu.ec

Introducción

Los estuarios son ecosistemas altamente productivos que proveen hábitats permanentes para las especies estuarinas, al mismo tiempo que juegan un papel importante como zonas de reclutamiento y zonas de alimentación de adultos de especies marinas (Sorbe, 1980; Marchand, 1981; Kuipers & Dapper, 1984). Sin embargo el grupo de especies planctónicas gelatinosas está pobremente estudiado, a pesar de que recientemente se ha mostrado que tienen un mayor papel en la dieta de especies marinas. Resultados de la búsqueda de los términos “Plancton gelatinoso estuario”, “Plancton gelatinoso”, “Plancton estuario” y “Plancton” en los buscadores web <http://scholar.google.com> (6170, 16700, 95000 y 465000, respectivamente), Web of Sciences (26, 371, 2534 y 72350) y Science Direct (714, 1990, 15186 y 49904) muestran que apenas 1.4% de trabajos de plancton se refieren al grupo gelatinoso en los ecosistemas estuáricos. Este estudio proporciona una relación sistemática de las especies que conforman el plancton gelatinoso del estuario del río Guadalquivir (SW España: 36°47′–37°25′N, 4°58′–7°00′W).

Materiales y métodos

Se realizó un muestreo sistemático a lo largo del estuario del río Guadalquivir en tres estaciones de muestreo, situadas a 8, 16 y 32 kms (BO, ES y TA respectivamente) de distancia medidos desde su desembocadura (Fig. 1).





Figura 1. Mapa de la zona de muestreo. Los puntos negros representan las estaciones de muestreo. BO: Bonanza; ES: Esparraguera, y TA: Tarfia.

Los muestreos se hicieron cada luna nueva desde abril de 2010 hasta febrero de 2013 desde un barco equipado con un sistema de persiana de una red de luz de malla de 1 mm (Fig. 2). Las muestras se tamizaron para seleccionar la fracción de necton entre 0.5 y 5 mm, se fijó en formaldehído al 10% y se analizaron en laboratorio usando una lupa estereoscópica (Cuesta et al., 2006).

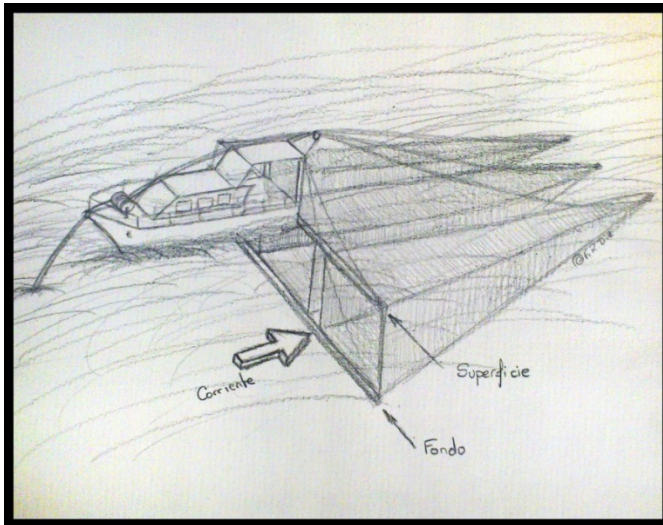


Figura 2. Esquema del sistema de pesca utilizado en los muestreos.



Resultados y discusión

En el estuario se ha determinado que el plancton gelatinoso está compuesto mayoritariamente por cinco especies. Para todas ellas en el presente estudio se determina el primer registro en el estuario. A continuación se enlistan las especies determinadas (Tabla 1) (Fig. 3).

Tabla 1. Primer registro de las especies de plancton gelatinoso del estuario del río Guadalquivir.

| Especie | Clasificación taxonómica | Primer registro | Distribución | Figura |
|--|--|-----------------|---|-----------|
| <i>Eucheilota ventricularis</i> (McCrary, 1859) | Clase: Hydroidomedusae Orden: Conica Familia: Eucheilotidae | Junio del 2011 | Especie marina cosmopolita. | (Fig. 3a) |
| <i>Liriope tetraphylla</i> (Chamisso & Eysenhardt, 1821) | Clase: Hydrozoa Orden: Trachymedusae Familia: Geryoniidae | Agosto del 2012 | Especie marina del mar Mediterráneo. | (Fig. 3b) |
| <i>Bolinopsis vitrea</i> (L. Agassiz, 1860) | Clase: Tentaculata Orden: Lobata Familia: Bolinopsidae | Agosto del 2012 | Especie marina cosmopolita | (Fig. 3c) |
| <i>Obelia</i> sp. | Clase: Hydroidomedusae Orden: Proboscoida Familia: Campanulariidae | Agosto del 2010 | Especie estuárica cosmopolita. | (Fig. 3d) |
| <i>Maeotias marginata</i> (Modeer, 1791) | Clase: Hidrozoa Orden: Limnomedusae Familia: Olindiidae | Junio de 1997 | Especie estuárica invasora proveniente del Mar Negro. | (Fig. 3e) |



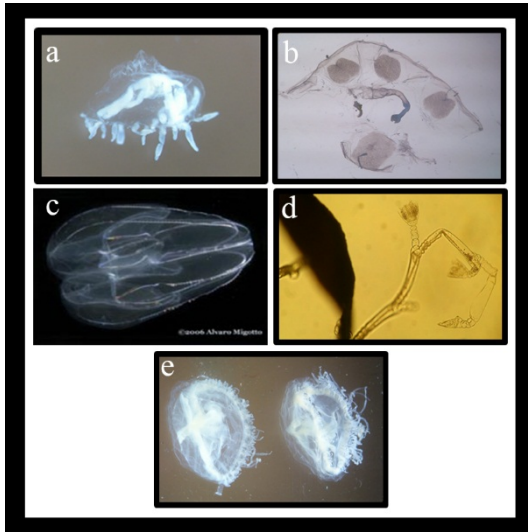


Figura 3. Fotografías de las cinco especies de plancton gelatinoso determinadas en el estuario del río Guadalquivir. a: *Eucheilota ventricularis* (McCrary, 1859); b: *Liriope tetraphylla* (Chamisso & Eysenhardt, 1821); c: *Bolinopsis vitrea* (L. Agassiz, 1860); d: *Obelia* sp. y e: *Maeotias marginata* (Modeer, 1791).

La presencia de un mayor número de especies de plancton gelatinoso en el estuario se da en verano (Junio-Agosto), cuando el estuario se encuentra salinizado y sus aguas alcanza los mayores valores de temperatura (22-25°C) (Tabla 2). Las dos especies con una mayor constancia en el estuario (*M. marginata* y *Obelia* sp.) son las especies más abundantes especialmente a una temperatura media de 20°C o superior, que se corresponde con los meses estivales.

Tabla 2. Presencia de plancton gelatinoso en el estuario. Las casillas marcadas coinciden con la presencia de cada una de las especies en el estuario.

| | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| <i>Obelia</i> .sp. | | | | | | | | | | | | |
| <i>Bolinopsis.vitrea</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eucheilota.ventricularis</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Maeotias.marginata</i> | | | | | | | | | | | | |
| <i>Liriope.tetraphylla</i> | | | | | | | | | | | | |

La abundancia en el necton de *M. marginata* es estacional, con máximos primaverales y/o en verano, con una aparición en condiciones de salinidad media de 11,06 y 22,8°C de temperatura media. Estos datos concuerdan con los registros de la especie en el estuario de la Bahía de San Francisco (EE.UU.) (Rees y Gershwin, 2000). Los datos de abundancia y biomasa media por individuo sugieren que los años en los que el estuario presenta condiciones estables de salinidad (> 10), *M. marginata* estrobila desarrollando su fase medusa principalmente en verano pudiéndose dar otro pico primaveral más temprano los años más secos. Estas medusas tienden a crecer dentro del estuario hasta finales de otoño como ocurre de manera general con otras especies de juveniles de peces y crustáceos marinos y estuáricos (Fig. 4).

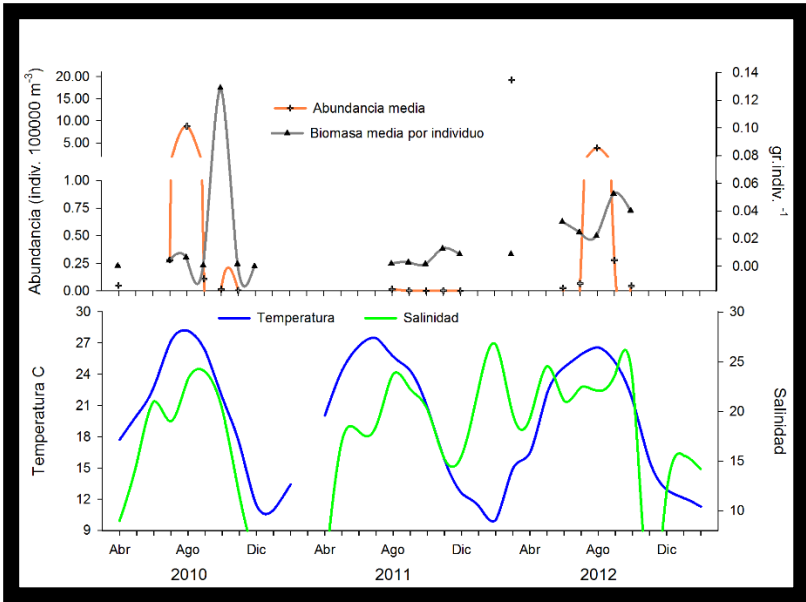


Figura 4. Representación gráfica de la abundancia media de *M. marginata* y biomasa media por individuo enfrentados a los datos de temperatura y salinidad media del estuario.

Conclusiones

Se caracteriza la composición del plancton gelatinoso del estuario del río Guadalquivir, determinando cinco especies distintas, siendo tres de ellas especies marinas y sólo dos las componentes de la fauna estuárica. La presencia del plancton gelatinoso es de carácter estacional, relacionada con temperaturas superiores a los 15°C. Este primer estudio contribuye al conocimiento del



plancton gelatinoso en ecosistemas estuáricos y servirá como base para conocer su relevancia y su rol ecológico en el estuario del río Guadalquivir.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin las siguientes personas: Manuel Ruíz (Manoli), Plácido Hodar, Paco Baldó, Jesús Canoura, Pilar Drake, Mariana Espigares, José Antonio Cuesta, Sara Pérez, José Ferrer, Jaime del Río, Daniel Nebro, Luís Cercas, Lucía Revenga, Macarena Troya y tantos otros grandes compañeros que siempre nos apoyaron en todo. El presente trabajo ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de la Pesca (Unión Europea): Invertimos en pesca sostenible.

Referencias

- Cuesta, J.A., González-Ortegón, E., Rodríguez, A., Baldó, F., Vilas, C., y Drake, P. 2006. The decapod crustacean community of the Guadalquivir Estuary (SW Spain): seasonal and inter-year changes in community structure. *Hydrobiologia* 557: 85 – 95.
- Kuipers, B. R. y R. Dapper, 1984. Nursery function of Wadden Sea tidal flats for the brown shrimp *Crangon crangon*. *Marine Ecology Progress Series* 17: 171–181.
- Marchand, J., 1981. Observations sur l'écologie de *Crangon crangon* (Linné) et *Palaemon spp.* H. Milne Edwards (Crustacea, Decapoda, Natantia). *Vie et Milieu* 31: 83 – 92.
- Rees, J.T. y Gershwin, L. 2000. Non-indigenous hydromedusae in California's upper San Francisco Estuary: life cycles, distribution, and potential environmental impacts. *Scientia Marina*, 64 (Supl. 1): 73 – 86.
- Sorbe, J. C., 1980. La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde: distribution et migration des espèces, modes de reproduction, régimes alimentaires. *Oceanis* 6: 579 – 592.



ARN/ADN En juveniles de *Cathorops spixi* (Pisces: Ariidae) en el golfo de Paria, Edo. Sucre, Venezuela

Caña Pavel¹, Aponte Aulo², Chung Kyung³, Lemus Mairin^{1,4}

¹Departamento de Biología, Escuela de Ciencias Universidad de Oriente, Venezuela

²Centro de Investigaciones Ecológicas de Guayacán, Universidad de Oriente, Venezuela

³Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, Venezuela.

⁴Unidad de Ciencias Química y de la Salud, Universidad Técnica de Machala, Ecuador

E-mail: mlemus88@gmail.com

Resumen

El crecimiento de peces es uno de los aspectos más importantes manejados en la pesquería y éste se ha evaluado a través de la relación talla peso o de los otolitos. Actualmente la relación ARN/ADN ha representado una herramienta valiosa para estimar el crecimiento bioquímico. Es por ello que en el presente trabajo se evaluó el factor de condición (Kn) y la relación ARN/ADN en juveniles del bagre, *Cathorops spixii*, provenientes del Golfo de Paria. Los ejemplares fueron capturados con un chinchorro playero en las localidades de los Trancotes y las Salinas durante los meses de abril y noviembre del 2005, épocas correspondiente a los meses de no surgencia y surgencia respectivamente. Los resultados obtenidos señalan que los juveniles de *C. spixii*, provenientes del Golfo de Paria, no presentaron diferencias significativas entre los valores de b ($p > 0,05$) por lo que el coeficiente de regresión común fue de 2,113. El Kn tampoco fue afectado temporal ni espacialmente. La tasa de crecimiento, ARN/ADN fue similar en las dos épocas analizadas; pero diferente entre las localidades. No se estableció relación entre el Kn y el cociente ARN/ADN, sin embargo, se evidenció relación negativa entre el peso corporal de los juveniles y los niveles de ARN y ADN en las dos localidades. Estos resultados indican que los juveniles de *C. spixii*, provenientes de ambas localidades, presentan un factor de condición similar y la tasa de crecimiento (ARN/ADN) no es afectada por la época del año.

Palabras clave

Crecimiento, relación ARN/ADN, peces.



Introducción

Los estudios sobre recursos pesqueros están orientados principalmente a suministrar información sobre el estado actual de explotación y el potencial de las principales especies capturadas por la pesca artesanal en las zonas nor-oriental y centro-occidental del país, en particular en las áreas de influencia de las comunidades de pescadores beneficiarios.

El crecimiento, es uno de los aspectos que reviste mayor importancia sobre el estudio de las comunidades de peces de importancia comercial. El crecimiento en los peces se basa en determinar el tamaño corporal en función de la edad. De allí que la información de la edad constituya la base de los cálculos de tasas de crecimiento, tasas de mortalidad y productividad, clasificándolas entre las principales influencias de variables biológicas (Campana, 2001).

El crecimiento o condición fisiológica se ha venido expresando por medio del factor de condición (Kn), siendo esta técnica la más comúnmente empleada para demostrar engorde o robustez; este último se basa en el análisis de longitud-peso. A su vez, el Kn explica, fundamentalmente, el grado de bienestar que guarda el organismo con el cambio en la corpulencia durante la vida (Rodríguez, 1992). En otras palabras, el Kn no es más que la combinación del incremento en la longitud del cuerpo, asociado a un aumento de sustratos energéticos en los tejidos. Este índice, aunque ha sido utilizado ampliamente, tiene una limitada validez como parámetro fisiológico, porque no establece relación directa con los procesos celulares determinantes del crecimiento, el cual involucra la formación de nuevos tejidos, la proliferación celular y la biosíntesis de proteínas (Chung, 1988). Sin embargo, es una medida integrada del metabolismo, muy sensible a los efectos del medio ambiente (Balza, 2006; Lemus y Chung, 2006). La temperatura, salinidad, disponibilidad de alimento y muchos otros factores determinan la tasa metabólica de los organismos, de allí que el crecimiento pueda ser afectado por muchos factores que forman parte del entorno de las comunidades de peces (Lemus, 1993).

Bulow (1970), planteó por primera vez la utilidad del índice ARN/ADN como parámetro para medir el crecimiento instantáneo en larvas y juveniles de peces y su uso se ha extendido a otros organismos acuáticos en ambientes naturales y bajo condiciones controladas, demostrándose que factores ambientales como la temperatura y la condición de desarrollo afectan este índice en peces (Lemus, 1993; Chung, 1998; Gil, 2003).

El uso de la relación presume que el contenido de ADN por célula es estable y es indicador del número celular o actividad mitótica; es decir, el crecimiento se realiza por proliferación celular, mientras que, la cantidad de ARN ribosomal disponible en los tejidos, es directamente proporcional a la síntesis de proteínas, por lo cual puede verse afectado por la condición nutricional o por efecto de factores ambientales (Mendoza *et al.*, 2002). La relación ARN/ADN se ha



definido como índice de crecimiento por aumento del volumen celular asociado con el proceso de síntesis de proteínas (Bulow, 1970).

Los bagres constituyen las especies más comunes y abundantes de las aguas orientales. Pertenecen a la familia Pimelodidae, de “Pimeles” que en griego significa grasa u obeso. *Cathorops spixii* es una de las especies que presenta un alto consumo en la región oriental, es de amplia distribución en el golfo de Paria y golfo de Cariaco y son escasos los estudios sobre su crecimiento en la zona oriental. Ya que el crecimiento es una medida integrada del metabolismo, muy sensible a los efectos del medio ambiente, se evaluó a tasa de crecimiento en juveniles de *C. spixii* en dos localidades del Golfo de Paria.

El golfo de Paria representa uno de los ambientes más importantes para desarrollo de alevines de una gran cantidad de especies. Por ello, el conocimiento de los aspectos biológicos de los peces desde el comportamiento hasta sus respuestas fisiológicas o bioquímicas dentro de su ambiente, son aspectos de fundamental importancia para el manejo de los recursos pesqueros. El objetivo del presente trabajo es evaluar el crecimiento de juveniles del bagre, *C. spixii*, en las localidades de Trancotes y Salinas, del golfo de Paria.

Materiales y métodos

Captura de ejemplares

Los ejemplares fueron capturados en la localidad de Trancotes y Salinas, del golfo de Paria (fig. 1) entre los meses de abril 2005 y noviembre 2005, utilizando como instrumentos de pesca un chinchorro playero. Posteriormente, los ejemplares fueron trasladados en cavas con hielo hasta el laboratorio.

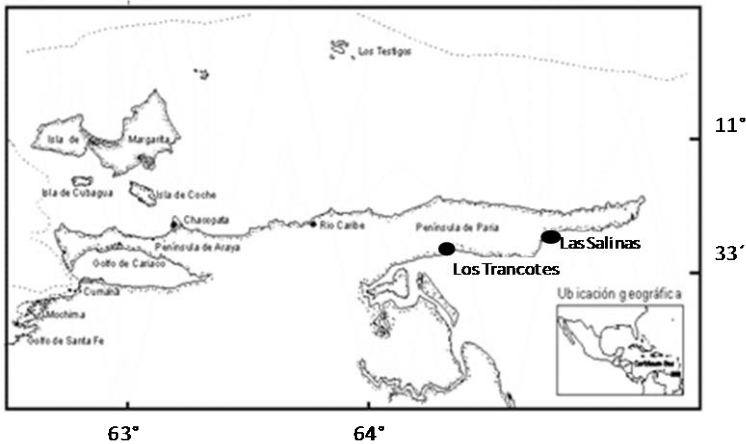


Figura 1. Localidades de Trancotes y Salinas del golfo de Paria.

Determinación de parámetros morfométricos

Los ejemplares previamente identificados, fueron lavados con agua destilada, se les tomó el peso total, longitud estándar y longitud total, seguidamente fue obtenida una porción de musculatura blanca, obtenida por encima de la línea lateral del dorso, detrás del opérculo y fue congelada inmediatamente para realizar las determinaciones de ARN, ADN y proteínas totales.

Determinación del Factor de Condición

Las ecuaciones mensuales para la relación longitud estándar (Ls) y el peso fueron elaboradas con los individuos capturados en cada muestreo, utilizando la relación alométrica $P = aLs^b$; transformada a una ecuación lineal del tipo $\text{Log}_{10} P = \text{Log}_{10} a + b \text{Log}_{10} Ls$, la cual fue ajustada por el método de los mínimos cuadrados. La significación estadística y el grado de correlación entre las variables se comprobaron utilizando el método de Hotelling (Sokal & Rohlf, 1981).

El índice de condición (Kn) fue calculado para cada estación y mes a partir de la ecuación $Kn = P/Ls^b$ (Le Cren, 1951); donde Kn, es el índice de condición; P, es el peso fresco del pez y aLs^b es la ecuación hallada para la relación talla peso.

Determinación de ARN y ADN

Una masa de 0,2 gramos de musculatura blanca del pez fue homogenizada en 1 ml de buffer Tris-HCl, 0,2 mmol/l y pH 7,5; posteriormente se les adicionaron 100 μ l de sarcosina al 1% y se dejó en reposo durante 1 hora. Fueron mezclados tres veces durante este intervalo de tiempo para romper el tejido.

Para la cuantificación de los ácidos nucleicos se utilizó la técnica descrita por Karsten y Wollenberger (1972).

La curva patrón se realizó tomando 200 μ l de la solución estándar de ADN, la cual fue preparada previamente en el laboratorio y guardada en el congelador a -20°C por un periodo no mayor de 3 meses. Una vez de utilizada la alícuota se descartó el resto.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza sencillo para determinar si existen diferencias significativas en el factor de condición (Kn) y análisis de varianza doble para comparar las diferencias entre los valores de Kn, índice ARN/ADN y proteínas/ADN en las localidades y los meses analizados. Se analizaron las relaciones entre ARN/ADN y Proteínas/ADN y el peso, para ello se utilizó el programa SPSS 12.0.

Resultados

Relación talla- peso

En la tabla 1 se muestran las ecuaciones de regresión obtenidas para la relación



talla peso de *C. spixii*, en ella se puede observar que todas resultaron ser lineales positivas.

Tabla 1. Relación longitud peso en *Cathorops spixii* proveniente de las localidades de la Salina y los Trancotes del Golfo de Paria.

| | | Log ₁₀ a | b | n | R | P |
|------------------|---------------|---------------------|-------|----|-------|---------|
| Abril | Las Salinas | -1,118 | 2,412 | 20 | 0,888 | P<0,001 |
| | Los Trancotes | -0,729 | 2,083 | 20 | 0,926 | P<0,001 |
| Noviembre | Las Salinas | -0,629 | 1,853 | 20 | 0,817 | P<0,001 |
| | Los Trancotes | -0,890 | 2,171 | 20 | 0,959 | P<0,001 |

El análisis de covarianza aplicado para comparar los coeficientes de regresión indicó que no hay diferencias significativas ($p>0.05$) entre los valores hallados para cada estación y mes, por lo que se calculó un coeficiente de regresión común para todas las ecuaciones, que fue igual a 2,113; con este valor se determinó el índice de condición.

En la tabla 2 se muestran los valores promedios para el Kn obtenidos, presentándose el mayor valor en la localidad de los Trancotes en abril 2005 y el menor en las Salinas durante el mes de noviembre.

Tabla 2. Valores promedios del índice de condición relativa Kn y límites de confianza obtenidos por estación y muestreo.

| Mes | Estación | Kn | LC 95% |
|----------------|---------------|------------|------------|
| Abril 2005 | Las Salinas | 0,15194015 | 0,00940962 |
| | Los Trancotes | 0,17656818 | 0,02034667 |
| Noviembre 2005 | Las Salinas | 0,13516219 | 0,00892148 |
| | Los Trancotes | 0,14979666 | 0,01378337 |

Índice de Condición (Kn)

El índice de condición no presentó diferencias temporales ($F_s = 0,07$; $p = 0,786$) ni espaciales ($F_s = 0,02$; $p = 0,899$) en los ejemplares juveniles de *C. spixii* analizados en el presente trabajo.

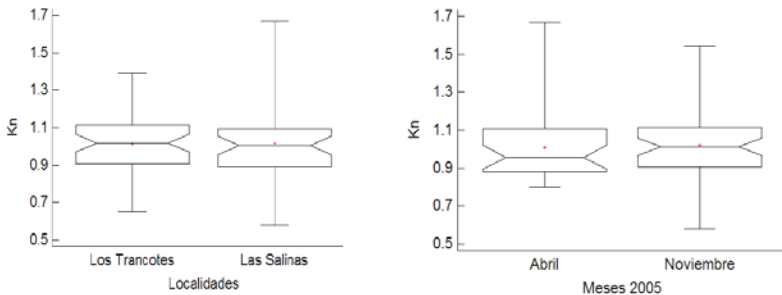


Figura 2. Índice de condición (Kn) en *Cathorops spixii* de la localidad de los Trancotes y las Salinas del Golfo de Paria.

El crecimiento bioquímico presentó variaciones significativas entre la localidad de Los Trancotes y Las Salinas ($F_s = 1,68; 0,178$) en los juveniles de *C. spixii*, mientras que por el contrario no hubo efecto de la variación temporal en dicho índice (Kn). En la localidad de los Trancotes se observó el mayor valor promedio (Fig 3).

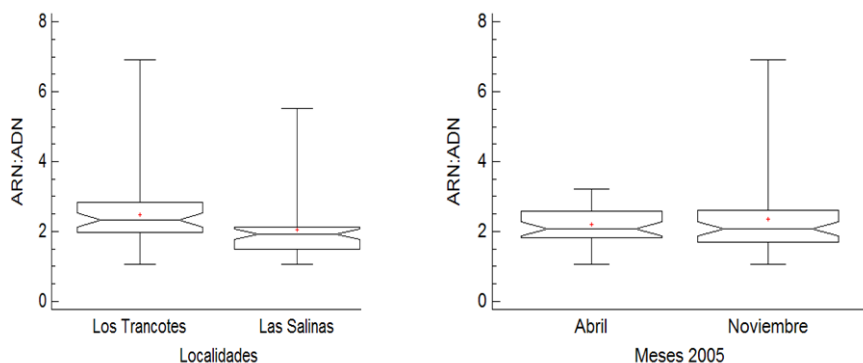


Figura 3. Índice ARN/ADN en *Cathorops spixii* de la localidad de los Trancotes y las Salinas del Golfo de Paría.

Relación Proteínas/ADN

La relación proteínas/ADN determinada en juveniles de *C. spixii*, no mostró variaciones significativas en las dos localidades (Fig. 4) pero sí entre las dos épocas del año. El valor promedio de este parámetro estuvo comprendido entre $129,12 \pm 14,54$ para el mes de abril-2005 y $132,15 \pm 23,47$ para noviembre-2005.

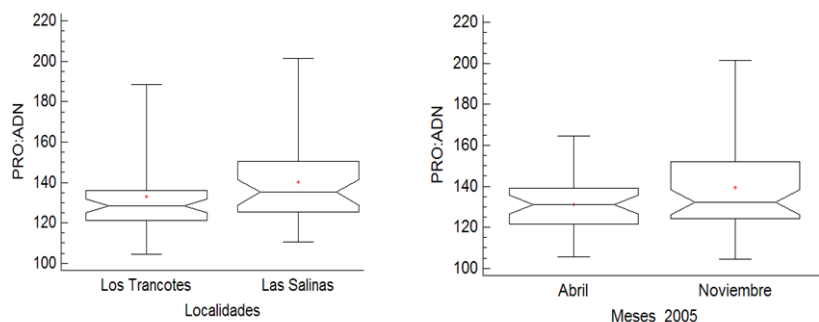


Figura 4. Índice de Proteínas/ADN en *Cathorops spixii* de la localidad de los Trancotes y las Salinas del Golfo de Paría.



Relación peso vs índice ARN/ADN

Se determinó que existe relación negativa y significativa entre el peso corporal de los juveniles y los niveles de ARN y ADN en las localidades estudiadas. Por el contrario, no se estableció relación entre el peso corporal y el índice ARN/ADN y Prot/ADN (Tabla 3).

Tabla 3. Relaciones entre el peso y los niveles de ADN, ARN, ARN/ADN y Prot/ADN en juveniles de *Cathorops spixii* proveniente de la localidad de Trancotes y Salinas del Golfo de Paria.

| Localidades | Ecuación | Coefficiente de correlación | Fs | P |
|---------------|------------------------|-----------------------------|-------|--------|
| Los Trancotes | ARN=1,165-0,023P | -0,330 | 5,39* | 0,025 |
| | ADN=0,342-0,07P | -0,38 | 7,56* | 0,0086 |
| | ARN/ADN=2,63-0,0092P | -0,053 | 0,12 | 0,7261 |
| | Prot/ADN=147,21-0,879P | -0,240 | 2,81 | 0,100 |
| Las Salinas | ARN=1,13-0,0056P | -0,346 | 4,93* | 0,032 |
| | ADN=0,384-0,001P | -0,449 | 9,09* | 0,004 |
| | ARN/ADN=1,706-0,0091P | -0,28253 | 3,12 | 0,085 |
| | Prot/ADN=144,36-0,136P | -0,185 | 1,29 | 0,246 |

Discusión

La relación longitud-peso es la base fundamental para la estimación del factor de condición fisiológica (Kn) en peces, siendo esta la técnica más popular empleada en las ciencias pesqueras. Los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que la relación talla-peso en juveniles de *C. spixii* provenientes del golfo de Paria, no presentan variaciones estacionales. Este comportamiento demuestra que los organismos capturados en dos épocas del año (sequía y lluvia) disponen de un aporte constante de alimento durante todo el año. *C. spixii*, tiene hábito alimenticio onnívoro; el principal componente de la dicta son los anfípodos bentónicos, los cuales constituyen el 26% del total del alimento ingerido, también forman parte de su alimentación los crustáceos y copépodos que son abundantes en el tracto digestivo. En menor proporción se alimentan de Mysidaceos, Paguridos, peces e isópodos en menor frecuencia (Arias y Bashirullah, 1984).

El valor del coeficiente de regresión fue de 2,113, el cual resultó ser significativamente menor que 3, por lo que el crecimiento de los organismos en el periodo de estudio fue alométrico minorante, es decir, que el animal creció proporcionalmente más en longitud que en peso. Otros estudios realizados en esta misma especie han demostrado variación en este parámetro. *C. spixii* con rango de talla comprendido entre 2,1 y 23,0 cm, provenientes de la Bahía de

Sepetiva, Brasil, presentaron un valor de $b = 2,75$ (Gomes, 1999) mientras que en otro estudio realizado en el Golfo de Salamanca, Colombia fue de 3,18, para organismos de talla comprendida entre 10,2 y 21,9 (Duarte, 1999).

(Silva, 2007), evaluaron la relación talla peso de las especies más abundantes de la zona estuarina del río Paciencia en la Isla de Maranhão en Brasil, y encontraron que el valor promedio de K_n para las especies analizadas fue de 2,89 (1,27 SD), donde *C. spixii* presentó un crecimiento alométrico minorante con valor de 2,703. Por otro lado (Joyeux, 2008), realizaron un estudio y estimaron la relación longitud peso en peces de una zona estuarina de la costa Brasil y encontraron que *C. spixii* con una talla promedio de $13,7 \pm 1,8$, presentó un valor de $3,003 \pm 0,013$. Para esta zona de estudio, el 64% de las especies analizadas presentaron crecimiento alométrico positivo y *C. spixii* presentó un crecimiento isométrico.

Al comparar el coeficiente de regresión obtenido en la presente investigación con el obtenido por otros investigadores para miembros de esta misma familia, señalados anteriormente, demuestra que el parámetro es variable y está sujeto a variaciones en los parámetros fisicoquímicos de su entorno. Las alteraciones en la temperatura y la disponibilidad de alimento son los principales factores que determinan el crecimiento de juveniles de peces. Particularmente como ya se ha señalado *C. spixii* es una especie que se alimenta de material en suspensión en el fondo marino.

Con respecto a la relación ARN/ADN, esta no varió estacionalmente, señalando que independientemente de la época del año, los organismos juveniles provenientes del golfo de Paria presentan una tasa comprendida entre 2,01 y 2,30. Aunque en la presente investigación no se evidenció que las variaciones temporales jueguen un papel significativo sobre el crecimiento del bagre, a pesar de que durante el mes de abril no hubo precipitaciones y en noviembre sí. Otros autores han señalado que las épocas de lluvia y sequía determinan la tasa de crecimiento en muchos organismos marinos (Sharma, 2006).

Por otro lado, en la localidad de los Trancotes se presentó un valor promedio del índice ARN/ADN significativamente superior al obtenido en las Salinas. Posiblemente, la razón esté dada por las características fisicoquímicas del golfo de Cariaco y estas estén determinando un patrón de crecimiento ligeramente mayor hacia la boca del golfo (Los Trancotes), en relación a la más alejada (Las Salinas). Se ha señalado que las corrientes marinas dentro del golfo permiten un movimiento circular en sentido de las agujas del reloj con un constante aporte de agua dulce, nutrientes y material en suspensión provenientes del Delta del Orinoco, que probablemente son mantenidas durante todo el año, sin embargo la localidad ubicada hacia el saco del Golfo presenta un menor efecto de las corriente de agua y una mayor deposición de sedimento más fino que contribuye a un mayor enlazamiento de aporte de nutrientes que favorecen el incremento de alimento en los sedimentos (Castañeda, 2006).

El valor promedio de la relación ARN/ADN en juveniles de *C. spixii* obtenido en la presente investigación se ubica dentro de los valores obtenidos en otras



investigaciones (Landaeta, 2008), realizó un estudio de la condición fisiológica de juveniles de peces provenientes de la desembocadura del río Manzanares y encontró que la especie *C. spixii* fue la especie más abundante y la que presentó el mayor valor promedio de este parámetro $1,85 \pm 0,25$.

En este trabajo no se evidenció relación entre el factor de condición (Kn), longitud estándar y la relación ARN/ADN. Similares resultados han sido obtenidos por (Balza, 2007), quien demostró que la longitud estándar de larvas de *Sardinella aurita*, no estuvieron relacionadas con el índice ARN/ADN en 221 ejemplares colectadas en el Morro de Puerto Santo, estado Sucre. Pero, en esta investigación se demostró que existe una relación entre la tasa de crecimiento retrocalculado por los otolitos y la relación ARN/ADN, señalando que esta puede ser una herramienta valiosa para calcular la tasa de crecimiento instantáneo de la especie.

Aunque no se determina asociación entre el factor de condición y el índice ARN/ADN, la relación entre el peso y los niveles de ARN y ADN parecen ser buenos indicadores de crecimiento de las células musculares, pues se observaron relaciones negativas y significativas entre el peso y los niveles de ARN y ADN, señalando que organismos más pesados, presentaron menor tasa de síntesis de ARN en relación con los organismos más pequeños. Esto se explica porque a medida que los organismos crecen van disminuyendo la síntesis de ARN para formación de las proteínas estructurales del músculo y por ende para su crecimiento. Esto se ve reflejado probablemente en una disminución de ADN por masa muscular, lo que determina un mayor volumen celular y una disminución de la proliferación celular.

De los resultados obtenidos en la presente investigación y a la luz de evaluaciones sobre la relación ARN/ADN en otras especies y su asociación con las medidas morfométricas, que son usualmente utilizadas para la estimación del crecimiento en peces, como es el caso del factor de condición, no se ha podido establecer relación que permita asociar crecimiento bioquímico con factor de condición. Esto, está asociado posiblemente a que el factor de condición considera el crecimiento en longitud y el aumento de la masa corporal; sin embargo, el crecimiento bioquímico en peces puede estar sujeto a una gran variación en el peso, que depende en gran parte no solo a la disponibilidad de alimento sino a la calidad del mismo en relación a los aportes nutricionales.

Discusión

En este trabajo se demostró que *C. spixii* presenta un crecimiento alométrico minorante y que este valor no es afectado por las variaciones temporales ni espaciales dentro del Golfo de Paria. El crecimiento bioquímico fue similar para juveniles de *C. spixii* durante las dos épocas de captura, señalando que los hábitos alimenticios son similares durante la época de lluvia y sequía, asociado fundamentalmente al hecho de que la zona no está afectada por los efectos de la



surgencia, sino por los aportes constantes de material en suspensión de la desembocadura del Delta del Orinoco. No se estableció relación entre el factor de condición y el crecimiento bioquímico, sin embargo hubo una relación entre el peso corporal de los juveniles de *C. spixii* y los niveles de ARN y ADN.

Agradecimiento

Los autores agradecen al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente por el financiamiento parcial de la investigación.

Referencias

- Arias, A. D. & K. M. Bashirulah. 1984. Estudios biológicos del bagre cuinche, *Cathorops spixii* (Fam. Ariidae) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. I. Hábitos alimenticios de juveniles. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 23:195-200.
- Balza, M., B. Marín & M. Lemus. 2006. Crecimiento somático y relación ARN/ADN en juveniles de la sardina *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Pises: Clupeidae), del Golfo de Santa Fé, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 45(1):41-50.
- Balza, M., M. Lemus & B. Marín. 2007. Tasa de crecimiento en larvas de *Sardinilla aurita*. Valenciennes, 1847 (Pises: Clupeidae) del Morro de Puerto Santo, Venezuela. *Interciencia*. 32 (5):333-338.
- Bulow, F. 1970. RNA-DNA Ratios as indicators of recent growth rates of a fish. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 7:2343-2349.
- Campana, S.; 2001. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *J. Fish. Biol.* 59:197-242.
- Castañeda, J. 2006. *Hidrografía y aspectos dinámicos de la plataforma Norte de la Península de Paria, durante el 2005*. Trabajo de Ascenso para profesor Asociado. Universidad de Oriente, Venezuela. 58 pp.
- Chung, K., M. Nirchio, M. Holt, G. Holt & C. Arnold. 1988. Ácidos nucleídos en la musculatura blanca y roja de juveniles de pez rojo *Sciaenops ocellatus*. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 27(1-2):123-127.
- Duarte, L., C. García, N. Sandoval, D. von Schiller, G. Melo & P. Navajas, 1999. Length-weight relationships of demersal fishes from the Gulf of Salamanca, Colombia. *Naga ICLARM Q.* 22(1):34-36.
- Gil, H.; K. Chung & M. Lemus. 2003. Relación ARN/ADN como índice de condición fisiológica del híbrido de la cachama *Colossoma macropomum* y el morocoto *Piaractus brachypomus* durante el desarrollo embrionario. *Rev. Biol. Trop.* 51 (4):91-96.
- Gomes, I., F. Araújo, M. Azevedo & A. Pessanha. 1999. Biología reproductiva do bagre marinho *Genidens genidens* (Valenciennes) e *Cathorops spixii* (Agassiz) (Siluriformes, Ariidae) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Zool.* 16:171-180.



- Joyeux, J., T. Giarrizzo, R. Macieira, H. Spach & T. Jr. Vaske. 2008. Length-weight relationships for Brazilian estuarine fishes along a latitudinal gradient. *J. Applied Ichthyol.* 24:1- 6.
- Karsten, U. & A. Wollenberger. 1972. Improvements in the ethidium bromide method for direct fluorometric estimation of DNA and RNA in cell and tissue homogenates. *And. Biochem.* 77: 464-470.
- Landaeta R. 2008. *Contenido de metales pesados y su relación con el estado energético en peces juveniles del aliviadero y de la desembocadura del río Manzanares, Cumaná, estado Sucre.* Trab. Grad. M. Sc. Ciencias Marinas. Universidad de Oriente. 58 pp.
- Le cren, E. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and conditions in the perch *Perca fluviatilis*. *Journal of Animal Ecology, London*, 20 (2):201-219.
- Lemus, M. & K. Chung. 2006. Effects on the RNA/DNA ratio in different temperature in juveniles of *Petenia kraussii* (Pises: Cichlidae). *Bol. Inst. Oceanog. Venezuela.*, 45 (1):9-15.
- Lemus, M., K. Chung & J. Holt. 1993. Efecto de la temperatura sobre el crecimiento de juveniles de *Petenia kraussii* (Steindachemer, 1918) (Pises: Cichlidae). Relación ARN/ADN. *Rev. Biol. Trop.* 41(1):45-48.
- Mendoza, R., C. Aguilera & L. Carreón. 2002. Ácidos nucleicos para evaluar la condición de larvas de peces. *Ciencias.* 5 (2):211-217.
- Sharma, J., W. Gwak, R. Masuda, M. Tanaka & R. Chakrabarti. 2006. Survival, Growth and RNA/DNA Ratio of *Pagrus major* cultured under three different feeding regimes during early development *Asian Fisheries Science* 19(6):389-400.
- Silva, M., A. Leal, L. Silva & V. Lamarão. 2007. Relação peso-comprimento de espécies de peixes do estuário do rio Paciência da ilha do Maranhão. *Bol. Lab. de Hidrobiologia, Brasil.* 20.
- Sokal, R. & F. Rohlf. 1981. *Biometría. Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica.* H. Blume Ediciones. Madrid, España. 872 pp.





¿Problemas taxonómicos en el género *Echinorhinus*? apuntes a partir de un nuevo hallazgo para el Caribe en aguas venezolanas

Fariña A¹, Quinteiro J², Rey-Méndez M².

¹Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela, 6101.

²Laboratorio de Sistemática Molecular. Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular, CIBUS. Universidad de Santiago de Compostela. Avda. Lope Gómez de Marzoa, Campus Vida. 15782 Santiago de Compostela. A Coruña, España.

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

Resumen

La identificación de una hembra de tiburón espinoso (género *Echinorhinus*) capturada en aguas venezolanas, con el fin de asignarla a una de las dos especies que tiene este género, reveló que los caracteres diagnóstico principales que las diferencian, sus dentículos dérmicos, muestran atributos intermedios que hacen confusa su identificación morfológica e incluso tienden a pensar en la posibilidad de que sea la especie *E. cookei*, mientras que el análisis comparativo de la secuencia del gen mitocondrial COX1 lo identifica como *E. brucus*, aunque con bajos valores de divergencia interespecífica y la escasez de registros. Las inconsistencias halladas en la identificación de este ejemplar, sugieren la necesidad de una revisión del género que tome en cuenta diferentes fuentes de evidencias taxonómicas y distintos marcadores moleculares.

Palabras clave

Echinorhinus, taxonomía, *E. brucus*, *E. cookei*, COX1, caracteres diagnóstico, tiburones de aguas profundas, dentículos dérmicos.

Introducción

La familia Echinorhinidae se distingue dentro del grupo de los esqualiformes por presentar el inicio de la primera aleta dorsal por detrás del origen de las aletas pélvicas. El género *Echinorhinus* comprende un grupo de tiburones espinosos de



aguas profundas, con dos especies reconocidas hasta la fecha: *Echinorhinus brucus* (Bonnaterre, 1788), una especie cosmopolita, y *E. coockei* Pietschmann, 1928, aparentemente restringida al Pacífico Oriental. Ambos taxa se distinguen morfológicamente por atributos de las espinas corporales, relacionados con su densidad, tamaño, disposición, y la forma de sus bases. A partir de un ejemplar capturado en aguas venezolanas, que resultó ser el primer registro de *E. brucus* para el Caribe (Fariña *et al.*, 2014), surgen elementos que generan confusión respecto a la taxonomía del género, los cuales se discuten en este trabajo.

Materiales y métodos

Se examinó un ejemplar hembra de *E. brucus*, de 252 cm de longitud total y 76 kg de peso, capturado por pesca deportiva aproximadamente entre los 10° 50' y los 11° Latitud Norte y entre los 64° 50' y los 65° Longitud Oeste, en una plataforma ubicada a una profundidad media de 200 m localizada entre la isla de Margarita y la isla La Tortuga, Venezuela. Se tomaron datos morfométricos y merísticos, así como detalles de las espinas. Secciones de los tejidos, piel y dentículos dérmicos fueron preservados en etanol absoluto y se depositaron en el "Laboratorio de Ecología de Peces Marinos, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Cumaná, Estado Sucre, Venezuela", con el código TNEC-MT. Los datos obtenidos fueron contrastados con los caracteres diagnósticos disponibles en las claves especializadas, con el fin de caracterizar el ejemplar.

La identificación del tiburón, basada en caracteres moleculares, se realizó mediante la caracterización y análisis de secuencias de ADN del gen mitocondrial Citocromo Oxidasa Subunidad I (COI) utilizado en la iniciativa "Barcoding of Life" (Ratnasingham and Hebert, 2007). La extracción del ADN se hizo utilizando el DNEasy Tissue kit (Promega), siguiendo las instrucciones del fabricante. Para la amplificación del gen COI se usaron los cebadores LCO1490 HCO2198 (Folmer *et al.*, 1994), en un volumen total de 12.5 uL, incluyendo: GoTaq Green Buffer 1X (Promega), 2.5 mM Mg₂Cl, 10 mM de cada desoxirribonucleótido trifosfato (dNTPs), 1.5 unidades de enzima GoTaq (Promega) y 20 ng del ADN aislado. Las condiciones de la reacción de PCR fueron: 3 min a 94°C; 35 ciclos de 40 seg a 94°C, 40 seg a 50°C y 1 min a 72°C; 7 min a 72°C y 5 min a 4°C. La reacción de secuenciación se hizo con BigDye Terminator Sequencing Kit v3.1 (Applied Biosystems, Inc.). Los productos de secuenciación fueron separados y detectados en un ABI PRISM 377-XL. La secuencia parcial del gen COI se depositó en el GenBank/EMBL/DDBJ (código de acceso: KJ864923).

La posición taxonómica fue inferida por la comparación de la secuencia de consulta con los datos de GenBank y la iniciativa BOLD, a través de las respectivas aplicaciones: BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) y BOLD-Systems (<http://www.boldsystems.org/views/idrequest.php>).



Resultados y discusión

Breve descripción del espécimen

Cuerpo robusto y cilíndrico, sin crestas abdominales (Fig. 1), densamente cubierto por dentículos angulares libres no fusionadas en placas con múltiples cúspides, con sus bases estrelladas, menores de 5 mm de diámetro (Fig. 2). Cabeza moderadamente deprimida; hendiduras branquiales en número de cinco, la última de mayor tamaño que el resto; espiráculo muy pequeño, ubicado detrás del ojo; fosas nasales ampliamente separadas entre sí; hocico corto; boca ampliamente arqueada, con labial corto, dientes similares en forma y número en ambas mandíbulas (aproximadamente 21 en cada caso), comprimidos, en forma de placas, con tres puntas grandes y hasta tres pequeñas. Aletas dorsales estrechamente cercanas a la aleta caudal, el inicio de la primera dorsal situado por detrás de las aletas pélvicas grandes, de tamaño similar entre sí e iguales o menores en longitud respecto a las aletas pélvicas. Aleta anal ausente; aleta caudal sin hendidura cerca del extremo distal; aleta caudal asimétrica con el lóbulo inferior pobremente desarrollado.

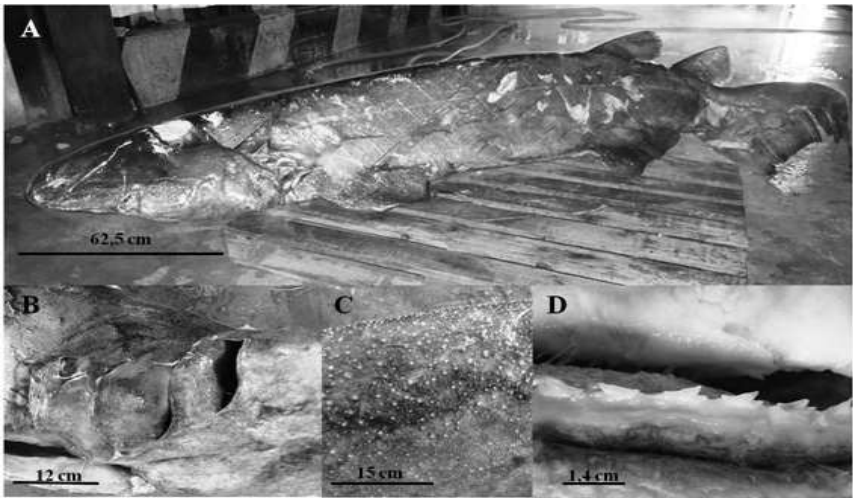


Figura 1.- Ejemplar de *Echinorhinus brucus* capturado en aguas venezolanas. A: aspecto general; B: detalle de las hendiduras branquiales; C: detalle de la piel; D: dentadura.



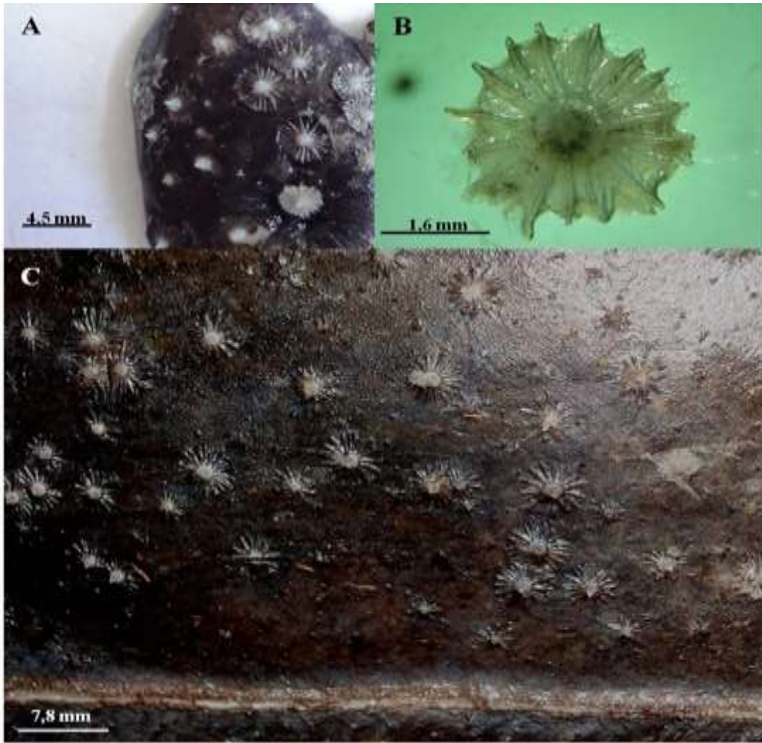


Figura 2.- Detalles de la piel y de las espinas en el ejemplar de *E. brucus* estudiado.

Los caracteres diagnóstico principales que distinguen las dos especies de *Echinorhinus*, son dentículos dérmicos a manera de espinas relativamente grandes (mayores de 15mm de diámetro), esparcidos en el cuerpo, no estrellados y frecuentemente fusionados dentro de placas con múltiples cúspides en *E. brucus*; mientras que *E. cookei*, presenta estos dentículos numerosos, distribuidos densamente a lo largo de todo el cuerpo, relativamente pequeños (generalmente no mayores a 4-5 mm de diámetro), estrellados y no fusionados dentro de placas con múltiples cúspides (Fig. 3). El espécimen capturado en Venezuela posee atributos intermedios que hacen confusa su identificación morfológica e incluso tienden a pensar en la posibilidad de que sea *E. cookei*, particularmente el pequeño tamaño de las espinas, su borde que le otorga el carácter estrellado y el hecho de no estar fusionados dentro de placas con múltiples cúspides. Hasta ahora no se ha observado ningún ejemplar de *E. cookei* en el Atlántico y la identificación morfológica no es concluyente, por lo que se recurrió a caracteres moleculares para tratar de dilucidar el problema.



Key to the species of Echinorhinidae occurring in the area

- 1a. Denticles on body few, irregularly distributed, relatively large, not stellate, some fused into compound plates with multiple cusps (Fig. 1a) *Echinorhinus brucus*
- 1b. Denticles on body numerous, regularly distributed, relatively small, stellate, not fused into plates with multiple cusps (Fig. 1b) *Echinorhinus cookei*

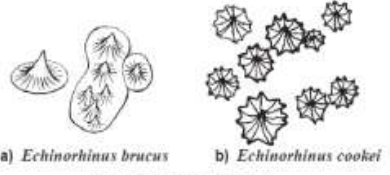


Fig. 1 dermal denticles

List of species occurring in the area

The symbol  is given when species accounts are included.



-  *Echinorhinus brucus* (Bonnaterre, 1788)
-  *Echinorhinus cookei* Pietschmann, 1928

Figura 3.- Clave para la identificación de las especies de *Echinorhinus*. Tomado de Compagno y Niem, 1998.

La comparación de la secuencia obtenida del ejemplar venezolano con las depositadas en BOLD, ha permitido detectar una homología elevada (99,68%) respecto a un registro determinado como *E. brucus*, capturado en el estado de Carolina del Norte (USA). A pesar de que la ubicación del ejemplar estudiado en el árbol de identificación generado por BOLD-ID (Fig. 4) es concluyente respecto a la identificación taxonómica dentro de *E. brucus*, los valores de divergencia interespecífica son bajos. La distancias entre pares de secuencias (*p*) son similares, con un valor medio de 0,039 de la secuencia de este trabajo respecto a *E. cookei*, y de 0,037 respecto al registro de *E. brucus*.

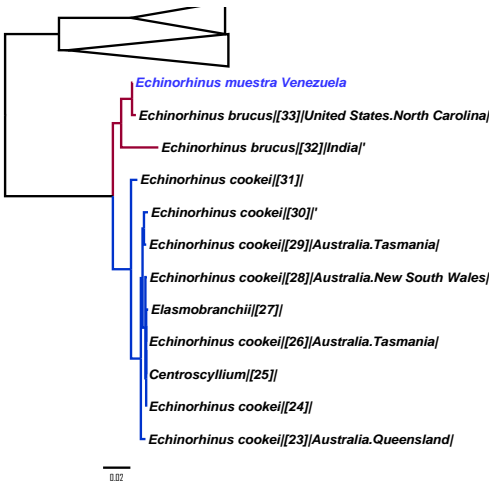


Figura 4.- Identificación basada en la generación de un árbol filogenético bajo la metodología estándar de BOLD. Se incluye únicamente el clado con especímenes de *Echinorhinus*. La muestra problema (*Echinorhinus* sp. de Venezuela, en azul) se agrupa en un clado con las otras secuencias de *E. brucus*, presentando una similitud del 99,68%, respecto al haplotipo más similar.



Conclusión

Los bajos valores de divergencia interespecífica obtenidos del análisis de secuencias de ADN, junto con la escasez de registros y las inconsistencias respecto a los caracteres diagnóstico morfológicos, sugieren la necesidad de una revisión del género que tome en cuenta diferentes fuentes de evidencias taxonómicas y distintos marcadores moleculares.

Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por el “Programa de Consolidación de Unidades de Investigación Competitivas do SUG”. Ref.: GPC2014/040. Xunta de Galicia 2014. España.

Referencias

- Compagno L.J.V. and V.H. Niem. 1998. Echinorhinidae. Bramble sharks. p. 1211-1212. In K.E. Carpenter and V.H. Niem (eds.). FAO identification guide for fishery purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. FAO, Rome.
- Fariña A., Quinteiro J. and M. Rey-Méndez. 2014. First record for the Caribbean sea of the shark *Echinorhinus brucus* captured in Venezuelan waters. *Marine Biodiversity Records* 7(e91): 1-4.
- Folmer O., Black M., Hoeh W., Lutz R. and Vrijenhoek R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* 3(5): 294-299.
- Ratnasingham S. and Hebert P.D.N. 2007. BOLD: The Barcode of Life Data System (<http://www.barcodinglife.org>). *Molecular Ecology Notes* 7: 355-364.



Biología trófica del atún rojo (*Thunnus thynnus*) de edad 0+ en el sur del Mar Tirreno

Ferrer-Palou L.¹, Medina A.¹, Goñi N.², Arrizabalaga H.², Varela J.L.³

¹Universidad de Cádiz, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Avda República Saharaui, 11510, Puerto Real, Cádiz, España.

²AZTI Tecnalia, Herrera Kaia Portualdea z/g. Pasaia, España.

³Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. De Circunvalación, Manta, Ecuador.

E-mail: jose Luis.varela@uca.es

Resumen

El atún rojo del Atlántico (Atlantic Bluefin tuna, ABFT), *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758), es un gran pez migratorio que habita en el Océano Atlántico Norte y el Mar Mediterráneo, y presenta adaptaciones fisiológicas y morfológicas que le permiten explotar una gran variedad de ecosistemas pelágicos. Desde la década de 1990 las poblaciones de ABFT se han visto reducidas en gran medida a causa de la sobrepesca. La evaluación de los stocks de ABFT se ha visto obstaculizada debido a la falta de información sobre su comportamiento migratorio, reproductor y trófico. En el presente estudio se ha evaluado la dieta del atún rojo atlántico de edad 0+ en el sur del Mar Tirreno mediante análisis del contenido estomacal (ACE) y análisis de isótopos estables (AIE). Los ACE indicaron que el ABFT de edad 0+ se alimenta principalmente de boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y sardina (*Sardina pilchardus*), revelando que el atún rojo atlántico de edad 0+ tiene un comportamiento trófico oportunista y generalista. Por otro lado, las firmas isotópicas de nitrógeno y carbono ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) mostraron diferencias significativas entre los tejidos muscular y hepático, probablemente debido a variaciones espaciales en la zona de alimentación.

Palabras Clave

Atún rojo, biología trófica, Mar Tirreno, isótopos estables, contenidos estomacales.



Introducción

El atún rojo atlántico, *Thunnus thynnus* (L., 1758) es un teleósteo que habita el ecosistema pelágico del conjunto del océano Atlántico norte y el Mar Mediterráneo. Históricamente, esta especie ha sido explotada de forma sostenible en el Mediterráneo durante miles de años hasta finales del siglo XX (Mather *et al.*, 1995). En las últimas décadas el esfuerzo pesquero se ha incrementado notablemente, provocando una reducción drástica de la biomasa de los stocks, poniendo en riesgo la supervivencia de un recurso que desde 1980 está considerado como sobreexplotado (ICCAT, 2008). No obstante, evaluaciones recientes realizadas por el organismo gestor de este recurso (Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, ICCAT) muestran una leve recuperación de los stocks (ICCAT, 2013), permitiéndonos ser más optimistas sobre el futuro de esta especie.

Como base para la regulación de los stocks y para habilitar medidas que permitan una adecuada gestión y conservación del atún rojo, se hace imprescindible un profundo conocimiento tanto de los movimientos migratorios como de la biología trófica y reproductora. En el caso de los peces, mediante estudios de biología trófica es posible comprender la dinámica de las relaciones ecológicas que existen entre especies, además de obtener algunas bases para poder establecer métodos adecuados que contribuyan a una correcta gestión de los recursos pesqueros.

Las fuentes bibliográficas sobre biología trófica de *Thunnus thynnus* son escasas. En trabajos precedentes, el atún rojo es definido como un depredador que presenta un comportamiento oportunista y generalista, se alimenta de una gran variedad de peces e invertebrados (Chase, 2002; Logan *et al.* 2011) y tiene la capacidad de producir un impacto importante en el funcionamiento de los ecosistemas (Hinke *et al.*, 2004). Estudios basados en análisis de contenidos estomacales revelan que la dieta del atún rojo atlántico está constituida principalmente por teleósteos, seguida por cefalópodos y, en menor medida, crustáceos (Sanz Brau, 1990).

La reconstrucción de la dieta del atún rojo a partir de análisis de contenido estomacal tiene, no obstante, una serie de limitaciones, tales como: 1) la gran eficacia del proceso digestivo (Aloncle y Delaporte 1973), favorecida por el calentamiento visceral (Carey *et al.* 1984), 2) la desigual velocidad en la digestión de los diferentes tipos de alimento, que puede dar lugar a errores al determinar las proporciones en la que las distintas presas son ingeridas, y 3) la regurgitación frecuente de comida, inducida por el estrés causado durante la captura (Chase, 2002). Como consecuencia de ello, en muchas ocasiones los estómagos aparecen vacíos o contienen sólo partes duras difíciles de digerir, como otolitos de peces o picos de cefalópodos. Teniendo en cuenta estos inconvenientes, es de suma utilidad complementar los estudios de contenidos



estomacales con análisis de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) en diferentes tejidos.

Los análisis de isótopos estables (AIE) se han convertido en una herramienta importante para identificar la dieta animal y determinar posiciones tróficas (Peterson y Fry, 1987). La abundancia relativa de los isótopos estables de carbono y nitrógeno presentes en los tejidos de organismos depredadores está directamente relacionada con la existente en sus presas, transfiriéndose dichos isótopos a lo largo de la cadena trófica mediante procesos de enriquecimiento (DeNiro y Epstein, 1978, 1981). El isótopo del carbono es usado para determinar fuentes de producción primaria (DeNiro y Epstein, 1978), mientras que la abundancia de $\delta^{15}\text{N}$ permite establecer la posición trófica (Post, 2002). Además, los isótopos estables nos proporcionan información de la dieta de un depredador en una escala de tiempo determinada en función de la actividad metabólica del tejido y del organismo analizado (Peterson y Fry, 1987).

El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición de la dieta del atún rojo juvenil de edad 0+ y analizar las variaciones espaciales y temporales de su dieta mediante análisis de contenidos estomacales e isótopos estables.

Materiales y métodos

Muestras y análisis de contenidos estomacales

Para la realización de este estudio se muestrearon 62 ejemplares de atún rojo de edad 0+ (longitud furcal comprendida entre 35 y 43 cm) capturados mediante el arte de cebo vivo en octubre del 2012 en el sur del Mar Tirreno (Fig. 1). A bordo, se extrajeron los estómagos y se conservaron a -20°C hasta su análisis en el laboratorio.



Figura 1. Área de muestreo



En el laboratorio, cada categoría alimenticia se identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible, teniendo en cuenta su estado de digestión. Se registró tanto el peso fresco de las presas como su talla en la medida de lo posible. Los restos de partes duras, como otolitos de peces o picos de cefalópodos, se utilizaron para la identificación de presas parcialmente digeridas utilizando claves taxonómicas específicas (Clarke, 1986; Harkönen, 1986; Campana, 2004).

La importancia de cada ítem en la dieta se evaluó mediante los siguientes índices: (1) Frecuencia porcentual de ocurrencia (%O) y (2) porcentaje en peso (%W). Además, se obtuvo el Índice de Alimentación (%AI) propuesto por Lauzzane (1975), el cual nos permite clasificar la presa de la siguiente manera: $AI > 50$ = presa preferente, $50 > AI > 25$ = presa secundaria, $25 > AI > 10$ = presa frecuente, y $AI < 10$ = presa accesoría. Por otro lado, para evaluar el comportamiento trófico se optó por el análisis gráfico propuesto por Amundsen *et al.* (1996). Este procedimiento, una modificación del método gráfico de Costello (1990), representa gráficamente la importancia de la presa y la estrategia de alimentación del depredador.

Análisis de isótopos estables

De los 62 ejemplares utilizados para el análisis de contenidos estomacales, 25 fueron seleccionados para AIE. La selección de las muestras se hizo en función de la talla teniendo en cuenta el mayor rango posible. Las muestras fueron procesadas tal como se describe en Varela *et al.* (2011).

$$(1) \delta = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] \times 10^3$$

Las abundancias relativas de ^{13}C y ^{15}N se indicaron como relaciones isotópicas en partes por mil (‰) según la relación (1):

Para determinar diferencias estadísticamente significativas en contenido lipídico, $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre músculo e hígado se utilizó el test U Mann-Whitney. En todos los casos el nivel de significancia estadístico considerado fue $\alpha = 0,05$.

Resultados

Análisis de contenidos estomacales

En el 100% de los estómagos analizados observamos al menos una presa, aunque la identificación de las mismas a nivel de especie no fue siempre posible. Se registraron un total de 191 presas identificables de 19 especies diferentes, incluyendo 7 peces, 5 cefalópodos y 7 crustáceos, además de restos de los mismos en un estado de digestión muy avanzado. Los peces constituyeron el grupo de presas más representativo, tanto en ocurrencia (%O=96,77) como en peso (%W=97,03), seguido de cefalópodos y crustáceos. Según la clasificación propuesta por Lauzzane (1975), los peces representan un grupo preferente en la



dieta de los atunes analizados (%AI>50), mientras que crustáceos y cefalópodos suponen grupos de presas accesorios (%AI<10) (Figura 2). Por especies, %IA indicó que el boquerón (*Engraulis encrasicolus*) y la sardina (*Sardina pilchardus*) fueron las especies más representativas de la dieta: el boquerón como presa preferente (%IA>50) y la sardina como presa secundaria (50>%AI>25) (Tabla I).

Tabla I.- Contenidos estomacales de los juveniles de atún rojo capturados en el Mar Tirreno en el año 2012.

| Presa | Pesos (g) | Núm. estómagos | %W | %O | %IA |
|----------------------------------|-----------|----------------|-------|-------|-------|
| Peces | 1231,66 | 60 | 97,03 | 96,77 | 93,90 |
| <i>Engraulis encrasicolus</i> | 846,58 | 52 | 66,70 | 83,87 | 55,94 |
| <i>Sardina pilchardus</i> | 324,96 | 25 | 25,60 | 40,32 | 10,32 |
| <i>Trachurus</i> sp. | 34,32 | 3 | 2,70 | 4,84 | 0,13 |
| <i>Sardinella</i> sp. | 24,78 | 2 | 1,95 | 3,23 | 0,06 |
| Parelepididae | 0,70 | 1 | 0,06 | 1,61 | 0,00 |
| Larva pez s.i. | 0,16 | 1 | 0,01 | 1,61 | 0,00 |
| <i>Maurolicus muelleri</i> | 0,15 | 1 | 0,01 | 1,61 | 0,00 |
| Peces muy digeridos | 51,05 | 20 | 4,02 | 32,26 | 1,30 |
| Cefalópodos | 32,39 | 14 | 2,55 | 22,58 | 0,58 |
| <i>Illex coindetii</i> | 22,33 | 6 | 1,76 | 9,68 | 0,17 |
| <i>Todaropsis eblanae</i> | 8,71 | 3 | 0,69 | 4,84 | 0,03 |
| Ommastrephidae | 0,91 | 1 | 0,07 | 1,61 | 0,00 |
| Octopodidae | 0,42 | 1 | 0,03 | 1,61 | 0,00 |
| <i>Histioteuthis</i> sp. | 0,01 | 1 | 0,00 | 1,61 | 0,00 |
| Cefalópodos muy digeridos | 1,91 | 3 | 0,15 | 4,84 | 0,01 |
| Crustáceos | 5,25 | 17 | 0,41 | 27,42 | 0,11 |
| Anfípodo hipérico | 3,95 | 8 | 0,31 | 12,90 | 0,04 |
| Stomatopoda | 0,79 | 5 | 0,06 | 8,06 | 0,01 |
| Palaemonidae | 0,16 | 5 | 0,01 | 8,06 | 0,00 |
| <i>Pasiphaea</i> sp. | 0,28 | 1 | 0,02 | 1,61 | 0,00 |
| <i>Meganactiphanes norvegica</i> | 0,03 | 1 | 0,00 | 1,61 | 0,00 |
| Crustáceo s.i. | 0,03 | 1 | 0,00 | 1,61 | 0,00 |
| Crustáceos muy digeridos | 1,17 | 9 | 0,09 | 14,52 | 0,01 |

El patrón de distribución de puntos de la gráfica que enfrenta la abundancia específica de presas (%Pi) con respecto a la frecuencia porcentual de ocurrencia (%O) (Fig. 2) sugiere que la población de atunes estudiadas mostró un comportamiento alimenticio heterogéneo con un alto grado de especialización para el boquerón siendo éste una presa dominante. *Pasiphaea* sp. mostró alta abundancia específica y baja ocurrencia (parte superior izquierda de la figura), ya que la presa identificada fue ingerida por un sólo individuo (alto BPC). No

obstante, la baja abundancia específica y baja ocurrencia del resto de presas indica que éstas no contribuyeron de manera importante a la composición de la dieta de la población estudiada.

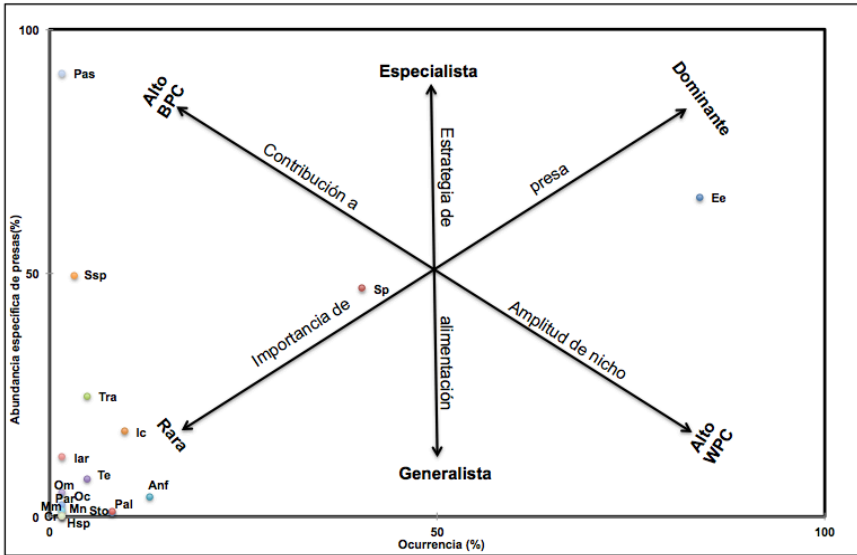


Figura 2. Abundancia específica (%Pi) frente a la frecuencia porcentual de ocurrencia (%Oi) de las presas del juvenil YOY del atún rojo atlántico (*Thunnus thynnus*) en el Mar Tirreno

Los ejes explicativos de los patrones de alimentación son los propuestos por Costello (1990) con las modificaciones de Amundsen *et al.* (1996). Los dos ejes diagonales representan la importancia de la presa (dominante o raro) y la contribución a la amplitud del nicho (Alto BPC: between-phenotype contribution o alto WPC: within-phenotype contribution) y el eje vertical define la estrategia alimentaria del depredador (especialista frente a generalista). Abreviaturas de las presas: Anf, Anfípodo hipérido; Cr, Crustáceo sin identificar; Ee, *Engraulis encrasicolus*; Hsp, *Histioteuthis* sp.; Ic, *Illex coindetii*; lar, Larva de pez sin identificar; Mm, *Maurolicus muelleri*; Mn, *Meganyctiphanes norvegica*; Oct, Octopodidae; Om, Ommastrephidae; pal, Palaemonidae; par, Paralepididae; pas, *Pasiphaea* sp.; Sp, *Sardina pilchardus*; ssp, *Sardinella* sp.; sto, Stomatopoda; Te, *Todaropsis eblanae*; tra, *Trachurus* sp.

Análisis de isótopos estables y contenido lipídico total

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo fueron significativamente más elevados que en hígado. Por el contrario, el hígado mostró valores más elevados de contenido lipídico total que el músculo. Tanto en las firmas isotópicas del C y



del N como en el contenido en grasa, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre músculo e hígado (Tabla II).

Tabla II.- Valores medios (\pm SD) de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ y contenido lipídico total (media \pm SD) en músculo e hígado de atunes de edad 0+ capturados en el Mar Tirreno en 2012. Los valores de la columna de la derecha muestra el p-valor resultante de las comparaciones entre tejidos (test U de Mann-Whitney).

| | Músculo | Hígado | Test MW: p-valor |
|------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| $\delta^{13}\text{C}$ (‰) | -17,51 \pm 0,11 | -17,80 \pm 0,33 | <0,001 |
| $\delta^{15}\text{N}$ (‰) | 6,60 \pm 0,34 | 5,60 \pm 0,29 | <0,001 |
| Contenido lipídico total (%) | 14,38 \pm 3,31 | 37,69 \pm 9,01 | <0,001 |

Discusión

Las especies más observadas en el presente estudio en términos de porcentaje de ocurrencia y abundancia fueron boquerón y sardina, lo que sugiere que en la época en la que se realizó el muestreo el atún rojo de edad 0+ capturado en el Tirreno Sur depreda mayoritariamente organismos pelágicos pertenecientes al orden Clupeiformes. El hecho de que boquerón y sardina sean especies pelágicas costeras (Tortonese, 1975) sugiere que esta especie se alimenta principalmente en la zona nerítica en sus primeros estadios de vida (Campo *et al.*, 2006, Sinopoli *et al.*, 2004). Por otro lado, Sinopoli *et al.* (2004) relacionaron la presencia de presas mesopelágicas pertenecientes a la familia Paralepididae y Sternoptychidae con eventos de alimentación en aguas profundas. Sin embargo, Mostarda *et al.* (2007) y Battaglia *et al.* (2012) se inclinan por la hipótesis de que dichas presas realizan migraciones nocturnas a la zona epipelágica, donde serían ingeridas. Cabe destacar que la alta abundancia de boquerón y sardina en la dieta podría estar relacionada con el hecho de que el Mar Tirreno representa una zona de reproducción para ambas especies (García y Palomera, 1996; Ardizzone y Belluscio, 1998). No obstante, los valores obtenidos referentes a sardina podrían estar sobreestimados debido a que esta especie fue utilizada como cebo durante las operaciones de captura.

A diferencias de estudios previos (Sinopoli *et al.*, 2004; Battaglia *et al.*, 2012) ninguno de los estómagos muestreados estuvo completamente vacío. Teniendo en cuenta que los ACE sólo permiten determinar el alimento ingerido en las 24 horas previas al análisis (Varela, 2012) debido a la gran eficacia del proceso digestivo (Aloncle y Delaporte, 1973), el hecho de que ninguno de los estómagos analizados apareciera vacío indica que la población estudiada se había estado alimentando recientemente, probablemente fruto de las importantes necesidades



alimenticias del atún rojo de edad 0+ en esta fase de crecimiento rápido e intenso (Sinopoli *et al.*, 2004)

Los taxones más abundantes en términos de ocurrencia y abundancia obtenidos en este trabajo difieren con estudios anteriores (Sinopoli *et al.*, 2004; Battaglia *et al.*, 2012). Urbani (2010), en su estudio sobre la interacción de la pesca de arrastre y la dieta del atún rojo atlántico en el Adriático central sí obtuvo resultados concordantes con los presentes en este estudio. Aunque la longitud furcal de los ejemplares estudiados fue de $131,73 \pm 16,32$ cm, un valor significativamente superior a los individuos utilizados para este estudio, las presas mayoritarias fueron *Engraulis encrasicolus* y *Sardina pilchardus*, mientras que de entre los cefalópodos destacó la dominancia de *Illex coindietii*. Sin embargo, Battaglia *et al.*, (2013), en su estudio sobre los cefalópodos como presa de juveniles de edad 0+ de atún rojo atlántico en el sur del Mar Tirreno obtuvo *Onychoteuthis banksii* y *Heteroteuthis dispar* como las especies con mayor índice de ocurrencia. Según los resultados obtenidos en el análisis de contenidos estomacales, las diferencias encontradas en la composición de la dieta del atún rojo atlántico de edad 0+ indican la existencia de una variabilidad tanto interanual como espacial en la dieta, la cual depende de la abundancia de presas potenciales en el hábitat explotado (Salman y Karakulak, 2009).

Las diferencias observadas en la firma isotópica de músculo e hígado podrían estar relacionadas con variaciones temporales de la dieta, ya que se trata de dos tejidos con tasas de renovación distintas. Así, el tejido muscular, que muestra una tasa de renovación baja (MacAvoy *et al.*, 2001), aporta información trófica de varios meses anteriores a la captura de los ejemplares, mientras que hígado, que presenta una tasa de renovación alta, aporta información de unas semanas previas a la captura de los individuos (Graham, 2008).

En la bibliografía existen pocos estudios que informan sobre la abundancia natural de ^{15}N y ^{13}C en atunes de edad 0+ (Sarà y Sarà, 2007; Varela, 2012). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ aportados por estos autores fueron similares a los obtenidos en nuestros análisis isotópicos. No obstante, Sarà y Sarà (2007) no realizaron ni extracciones lipídicas ni correcciones matemáticas previas a los análisis de $\delta^{13}\text{C}$ para evitar los efectos de la grasa sobre la firma isotópica del carbono, lo cual limita las comparaciones. Por otro lado, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ obtenidos en este estudio fueron significativamente inferiores tanto en músculo como en hígado.

En comparación con los datos disponibles para juveniles de atún rojo capturados en el Mar Cantábrico y Nueva Inglaterra (Logan *et al.*, 2011) y el Golfo de Vizcaya (Varela *et al.*, 2014), nuestros valores de $\delta^{15}\text{N}$ fueron significativamente inferiores en los dos tejidos analizados (músculo e hígado), mientras que $\delta^{13}\text{C}$ mostró una amplia variabilidad. La alta variabilidad espacial y temporal observada en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo e hígado con respecto a trabajos previos podría estar relacionado con variaciones en la firma isotópica de los productores primarios (Graham, 2008) y su transferencia a lo largo de las cadenas tróficas o al aporte de nutrientes de origen continental. Los ríos aportan materia orgánica de origen antropogénico, provocando alteraciones significativas



en los valores isotópicos de las regiones costeras y por ende variaciones en la composición isotópica de las redes tróficas localizadas cerca de costa.

El contenido lipídico total en músculo e hígado aporta información del estado nutricional de los individuos estudiados. Los resultados observados en este estudio se encuentran dentro de los rangos obtenidos por Varela *et al.* (2013) para atunes adultos capturados en almadraba en el Golfo de Cádiz. El mismo autor obtuvo valores de contenido lipídico total en hígado para muestras de atún juvenil capturado en octubre de 2009 en Cartagena (Murcia), considerablemente menores que los obtenidos en este estudio (Varela, 2012). Estas diferencias podrían deberse a variaciones espaciales en la dieta, puesto que las zonas de estudio no coinciden. La población estudiada por Varela (2012) se alimentó principalmente de *Sardinella* sp., que es, al igual que las presas mayoritarias observadas en este estudio, un pequeño pelágico. Estudios sobre los cambios en la composición proteica, lipídica y de ácidos grasos del boquerón afirman que este pequeño pelágico muestra su máximo contenido en lípidos en noviembre, con valores de alrededor del 18%, y que este porcentaje va disminuyendo hasta marzo (Gökoglu *et al.*, 1999; Saglik y Imre, 2001). En el caso de *Sardinella* sp., se ha determinado que su contenido en lípidos máximo se encuentra en marzo (Luzia *et al.*, 2003) y es del 10,62%, mientras que el mínimo contenido total en lípidos es del 4% y corresponde al mes de julio. Por tanto, las diferencias encontradas respecto al contenido en lípidos en estudios anteriores probablemente podrían explicarse, en parte, por el contenido lipídico total de las presas consumidas.

Conclusiones

Los análisis de contenidos estomacales (ACE) revelaron que el atún rojo de edad 0+ en la zona sur del Mar Tirreno se alimentó principalmente en boquerón y sardina. No obstante, los resultados muestran que tuvo un comportamiento trófico generalista y oportunista.

La dieta del atún rojo de edad 0+ muestra una alta variabilidad espacial y temporal, posiblemente debida a la disponibilidad y abundancia de las presas potenciales y a sus amplios movimientos migratorios horizontales y verticales en la columna de agua.

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ mostraron diferencias significativas entre los tejidos muscular y hepático, sugiriendo variaciones espaciales en el área de alimentación.

El contenido lipídico total en músculo e hígado fue significativamente superior que en estudios anteriores, probablemente debido al contenido lipídico de las presas consumidas.



Referencias

- Aloncle, H. y F. Delaporte. 1970. Rythmes alimentaires et circadiens chez le germon *Thunnus alalunga* (Bonnaterre 1788). *Rev. Trav. Inst. Pêches Mar.* 34: 171-188.
- Amundsen, P.A., H.M. Gabler y F.J. Staldivik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *J. Fish. Biol.* 48: 607-614.
- Ardizzone, G.D. y A. Belluscio. 1998. Survey Results for Italy - area M1 - Ligurian and Tyrrhenian Seas. International Bottom Trawl Survey in the Mediterranean. Biological results MEDITS 1998.
- Battaglia, P., F. Franco Andaloro, P. Consoli, V. Esposito, D. Malara, S. Musolino, C. Peda y T. Romeo. 2012. Feeding habits of the Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L. 1758), in the central Mediterranean Sea (Strait of Messina). *Helgol. Mar. Res.* 67: 97-107.
- Battaglia, P., C. Pedà, M. Sinopoli, T. Romeo y F. Andaloro. 2013. Cephalopods in the diet of young-of-the-year bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L. 1758, Pisces: Scombridae) from the southern Tyrrhenian Sea (central Mediterranean Sea). *Ital. Jour. Zoo.* 80: 560-565.
- Campana, S.E. 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the northwest Atlantic Ocean. *Can. Spec. Pub. Fish. Aquat. Sci.* 133: 1-284.
- Campo, D., E. Mostarda, L. Castriota, M.P. Scarabello y F. Andaloro. 2006. Feeding habits of the Atlantic bonito, *Sarda sarda* (Bloch, 1793) in the southern Tyrrhenian sea. *Fish. Res.* 81: 169-175.
- Carey, F.G., J.W. Kanwisher y E.D. Stevens. 1984. Bluefin tuna warm their viscera during digestion. *J. Exp. Biol.* 109: 1-20.
- Chase, B.C. 2002. Differences in diet of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) at five seasonal feeding grounds on the New England continental shelf. *Fish. Bull.* 100: 168-180.
- Clarke, M.R. 1986. *A handbook for the identification of cephalopod beaks*. Clarendon Press, Oxford.
- Costello, M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish. Biol.* 36: 261-263.
- DeNiro, M.J. y S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 42: 495-506.
- DeNiro, M.J. y S. Epstein. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 45: 341-351.
- Gannes, L.Z., D.M. O'Brien y C. Martínez del Río. 1997. Stable isotopes in animal ecology: assumptions, caveats, and a call for more laboratory experiments. *Ecology.* 78: 1271-1276.
- García, A. y I. Palomera. 1996. Anchovy early life history and its relation to its surrounding environment in the Western Mediterranean basin. *Sci. Mar.* 60: 155-166.
- Gökuglu, N., Ö. Özden, N. Erkan, T. Baygar y S. Metin. 1999. Seasonal variation in fat content of anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Int. J. Food. Sci. Tech.* 34: 401-402.
- Graham, J.B. y K.A. Dickson. 2004. Tuna comparative physiology. *J. Exp. Biol.* 207: 4015-4024.
- Graham, B.S. 2008. *Trophic dynamics and movements of tuna in the tropical Pacific Ocean inferred from stable isotope analyses*. PhD dissertation, Hawaii University.



- Graham, B.S., P.L. Koch, S.D. Newsome, K.W. McMahon y D. Aurioles. 2010. *Using isoscapes to trace the movements and foraging behavior of top predators in oceanic ecosystems*. En: West JB, Bowen G, Dawson T, Tu K (eds) *Isoscapes: understanding movement, pattern, and process on Earth through isotope mapping*. Chapter 14. Springer-Verlag, New York, p 299-318.
- Härkönen, T. 1986. *Guide to the Otoliths of the Bony Fishes of the Northeast Atlantic*. Danbiu ApS. Biological consultants.
- Hinke, J.T., I.C. Kaplan, K. Aydin, G.M. Watters, R.J. Olson y J.F. Kitchell. 2004. Visualizing the food-web effects of fishing for tunas in the Pacific Ocean. *Ecol. Soc.* 9: 10.
- ICCAT. 2008. *Report of the 2008 Meeting of the Standing Committee on Research y Statistics (SCRS)*. Madrid, Spain, October, 2008.
- ICCAT 2013. *Report of the 2012 Meeting of the Standing Committee on Research y Statistics (SCRS)*. Madrid, Spain, October, 2013.
- Lauzanne, L. 1975. Régimes alimentaires d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces, Characidae) dans le Lac Tchad et ses tributaires. *Cah. ORSTOM. Hydrobiol.* 10: 105-121.
- Logan, J.M., E. Rodríguez-Marín, N. Goñi, S. Barreiro, H. Arrizabalaga, W. Golet y M. Lutcavage. 2011. Diet of young Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in eastern and western Atlantic foraging grounds. *Mar. Biol.* 158: 73-85.
- Luzia, L.A., G.R. Sampaio, C.M.N. Castellucci y E.A.F.S. Torres. 2003. The influence of season on the lipid profiles of five commercially important species of Brazilian fish. *Food. Chem.* 83: 93-97.
- MacAvoy, S.E., S.A. Macko y G.C. Garman. 2001. Isotopic turnover in aquatic predators: quantifying the exploitation of migratory prey. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 923-932.
- Mather, F.J., J.M. Mason y A.C. Jones. 1995. *Historical document: Life History and Fisheries of Atlantic Bluefin Tuna*. NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC. 370: 165 pp.
- Mostarda, E., D. Campo, L. Castriota, V. Esposito, M.P. Scarabello y F. Andaloro. 2007. Feeding habits of the bullet tuna *Auxis rochei* in the southern Tyrrhenian Sea. *J. Mar. Biol. Ass. UK.* 87: 1007-1012.
- Peterson, B.J. y B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18: 293-320.
- Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology.* 83: 703-718.
- Saglik, S. y S. Imre. 2001. ω 3-Fatty acids in some fish species from Turkey. *J. Food. Sci.* 66: 210-212.
- Salman, A. y F.S. Karakulak. 2009. Cephalopods in the diet of albacore, *Thunnus alalunga*, from the eastern Mediterranean. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.* 89: 635- 640.
- Sanz Brau, A. 1990. Sur la nourriture des jeunes thons rouge *Thunnus thynnus* (L. 1758) des côtes du golfe de Valence. *Rapp. Comm. Int. Médit.* 32:274.
- Sarà, G. y R. Sarà. 2007. Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 23: 122-127.
- Sinopoli, M., C. Pipitone, S. Campagnuolo, D. Campo, L. Castriota, E. Mostarda y F. Andaloro. 2004. Diet of young-of-the-year bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (Linnaeus, 1758), in the southern Tyrrhenian (Mediterranean) Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 20: 310-313.
- Tortonese, E. 1975. *Fauna d'Italia. Osteichthyes*. Calderni Ed. Bologna. 11: 636 p.



- Urbani, G. 2010 *Interazione tra regine alimentare di tonno rosso (Thunnus thynnus, Linnaeus 1758) e pesca a strascico in Adriatico centrale*. Tesi sperimentale in ecologia marina. Facoltà di scienze matematiche fisiche e naturali. Università degli studi di Trieste.
- Varela, J.L. 2012. *Biología trófica del atún rojo (Thunnus thynnus) en el Atlántico oriental y mediterráneo*. Tesis doctoral. Universidad de Cádiz.
- Varela, J.L., E. Rodríguez-Marín y A. Medina. 2013. Estimating diets of pre-spawning Atlantic bluefin tuna from stomach content and stable isotope analyses. *J. Sea. Res.* 76: 187-192.
- Varela, J.L., E. Rodríguez-Marín, M. Ruiz y A. Medina. 2014. Feeding habits of young bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Bay of Biscay inferred from stomach-content and stable-isotope analyses. *Mar. Biodivers. Rec.* 7: e119.



Simbiontes marinos en las comunidades de mesozooplankton del NE Atlántico: Parásitos y epibiontes

María Gregori, Ángel F. González, Santiago Pascual

Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Eduardo Cabello 6, 36208, Vigo, Spain.

E-mail: mariagregori@gmail.com

Resumen

El mesozooplankton es un componente clave e importante que forma parte de las cadenas tróficas, en sus niveles más bajos, de todos los océanos. Como cualquier otro animal es susceptible de portar diferentes parásitos y epibiontes en sus pequeños cuerpos lo que convierte a este eslabón trófico en un importante transmisor de enfermedades, parásitos y epibiontes con consecuencias socio-económicas para la población humana. Como a cualquier habitante oceánico estos animales se han adaptado a diferentes condiciones oceanográficas, al igual que lo han hecho sus parásitos y epibiontes, por lo que el estudio de la oceanografía junto con el estudio parasitológico de estas poblaciones es relevante. En el presente contexto de cambio climático que estamos viviendo actualmente el estudio de la parasitología en los eslabones más bajos de la cadena trófica marina podrían contribuir a ampliar nuestro conocimiento sobre la transmisión de determinadas enfermedades, tanto en humanos como en especies de elevado interés comercial (peces, crustáceos y moluscos), que junto con una buena gestión serían fácilmente evitadas disminuyendo su impacto.

Palabras clave

Mesozooplankton, NE Océano Atlántico, Parásitos, Epibiontes, Hospedar intermediario, Oceanografía.

Introducción

Como efecto del cambio climático diferentes estresores son capaces de afectar sinérgicamente tanto al medio marino como a las actividades socioeconómicas y



sanitarias humanas que de él dependen (Fig. 1). La pérdida de hábitat o su fragmentación, la sobrepesca, la contaminación, la invasión de especies “alienígenas”, la hipoxia, la alteración de la hidrología etc. son algunos de los ejemplos de estresores que pueden jugar un papel aditivo en el contexto del cambio climático (Lafferty 2004, Halls *et al.* 2005, Brooks y Hoberg 2007, Marcogliese 2008, Buckey 2008, Burge *et al.* 2014, Gregori 2014). Mucho se ha avanzado en la capacidad para detectar los vínculos entre la variabilidad del clima y los brotes de enfermedades infecciosas marinas pero la mayoría de las interacciones patógeno-hospedador son todavía poco conocidas. En este contexto Pascual *et al.* 2007 detectaron que diferentes condiciones oceanográficas (macrohábitat) afloramiento-hundimiento influyen el reclutamiento (colonización) de larvas infectivas. En los sistemas de afloramiento las faunas de parásitos con ciclos de vida complejos con múltiples hospedadores intermediarios se empobrecen mientras que, los eventos de hundimiento con masas de agua más estables propician las condiciones óptimas para el éxito del reclutamiento parasitario Pascual *et al.* (2007). En este sentido la dinámica de colonización y transmisión de parásitos y epibiontes en el mar es aún desconocida. Por ello las comunidades mesozooplancónicas juegan un papel crucial puesto sus componentes conforman el nicho perfecto para parásitos que buscan encontrar su hospedador definitivo (Marcogliese 1995, 2002, 2004, 2005a, 2005b, Gregori 2014, Gregori *et al.* 2012, 2013, 2015a, 2015b). Las consecuencias de esta colonización (parasitaria y epibiotica) se registran a todos los niveles: desde el hospedador, la población, la comunidad e incluso el ecosistema. Además de su interés como enlace-transmisor, el mesozooplankton es también un buen indicador del cambio climático en el medio marino (Hays *et al.* 2005).



Figura 1. Representación esquemática de los efectos del calentamiento global en parásitos y hospedadores. Los efectos causados por el calentamiento se transmitirán en cascada, dando lugar a los impactos sobre la población de hospedadores, comunidades y ecosistemas. Además estos efectos se modificarán al interaccionar con otros factores de estrés retroalimentándose a lo largo de los diferentes niveles ecológicos que afectan tanto a los hospedadores como a sus parásitos (líneas discontinuas). Adaptado de (Lafferty *et al.* 2008).



Con este trabajo basado en la tesis doctoral Gregori 2014 presentamos algunos de los avances conseguidos en el estudio de la ecoparasitología (Fig. 2) en el mesozooplankton.

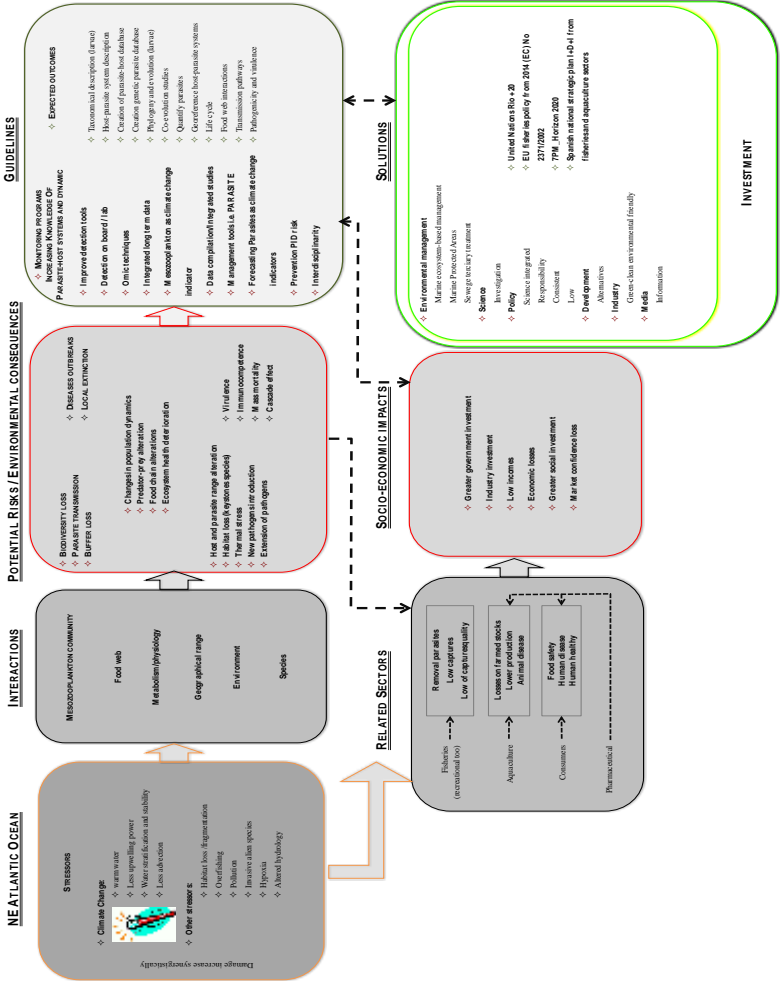


Figura 2. Resumen de las interacciones de la variación climática y factores estresantes en pesquerías, acuicultura, industria de la salud y consumidores: consecuencias, lineamientos y soluciones (Gregori 2014)



Materiales y métodos

Las muestras de mesozooplancton se capturaron en la Ría de Vigo (N. O. Península Ibérica) a bordo del buque oceanográfico *Mytilus* (Fig. 3). Se realizaron 10 arrastres nocturnos, 4 en verano y 6 en otoño de 2008. Las muestras se pescaron usando arrastres doble oblicuos con redes de bongo de 750 mm de diámetro y 375 μm de luz de malla. La velocidad de la embarcación fue de 2 nudos, la red de bongo se estabilizó cerca del fondo y una vez estabilizada se realizaron arrastres de 15 min. Además la red se equipó con un correntímetro que nos permitió conocer el volumen de agua filtrado en cada uno de los muestreos. Las muestras se conservaron en etanol al 70% y posteriormente en el laboratorio se almacenaron a -20°C .

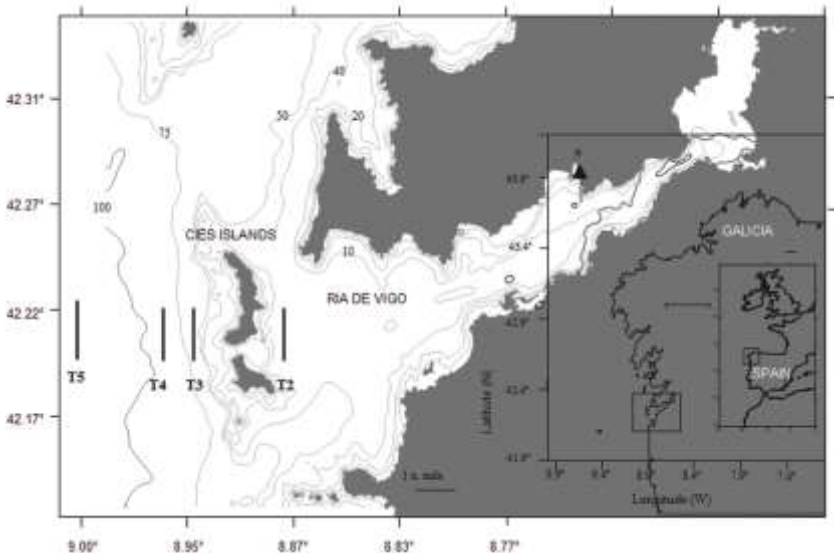


Figura 3. Área de muestreo donde se muestran los transectos donde el mesozooplancton fue pescado. T5 = Transecto 5; T4 = Transecto 4; T3 = Transecto 3; T2 = Transecto 2. La profundidad varió de entre 110m en T5 hasta 26m en T2 siendo éste el transecto localizado dentro de la Ría.

Los parásitos y los epibiontes una vez localizados se extrajeron del hospedador mediante microdissección y se procedió a su análisis morfológico, descripción e identificación taxonómica hasta el nivel más bajo posible. Se utilizaron diferentes técnicas de microscopía óptica y electrónico de barrido (Gregori, 2014).

Debido a la gran variedad de animales encontrados, protozoos, acantocéfalos, nematodos y trematodos, cada uno de ellos siguió protocolos de extracción, amplificación y análisis filogenéticos diferentes que pueden ser consultados en la



tesis doctoral de Gregori, 2014. Las secuencias obtenidas se depositaron en el GenBank National Center for Biotechnology Information (USA) (ver Gregori 2014).

A partir de las diluciones procedentes del Folsom Splitter (Omori e Ikeda 1984, Fig. 4). Se realizó la estimación de la abundancia de mesozooplankton (Guisande *et al.* 2006, Roura *et al.* 2013), se contó el número de hospedadores y se calcularon las prevalencias (%) la intensidad media de infección y se estudió la especificidad de los parásitos y epibiontes, así como su distribución en el cuerpo del hospedador y su ecología Bush *et al.* 1997, Agresti y Coull 1998, Rószsa *et al.* 2000). Siempre que fue posible se realizaron las comparaciones pertinentes usando el Modelo Lineal Generalizado o el “Quantitative parasitology” (Gregori, 2014).

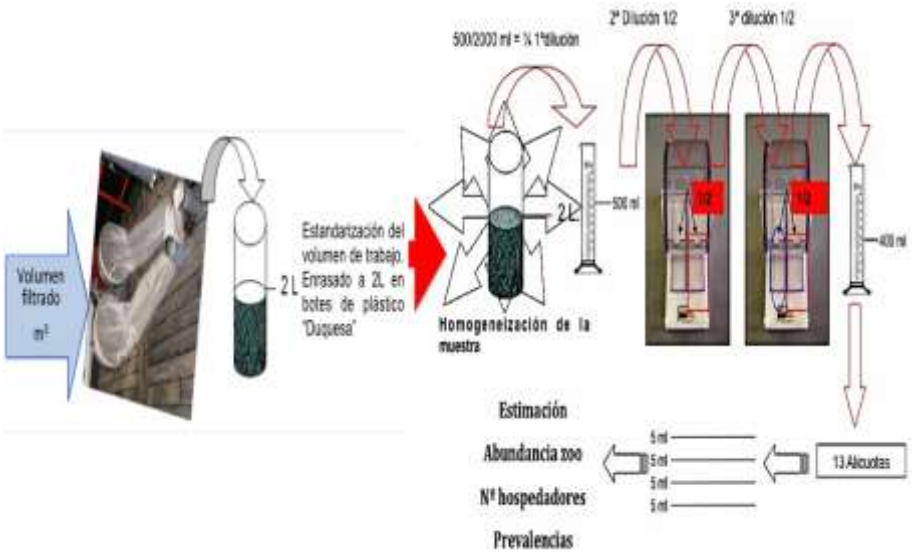


Figura 4. Procedimiento de homogeneización de las muestras de mesozooplankton y dilución con el uso del folsom splitter a partir de las cuales se extrajeron 13 alícuotas de 5 ml cada una para la estimación de la abundancia de mesozooplankton, se contó el número de hospedadores y se calcularon las prevalencias (Gregori, 2014).

Resultados

La identificación taxonómica y la estimación de la abundancia de mesozooplankton nos permitió detectar seis comunidades bien definidas tres de ellas se identificaron en verano (Costa Verano, Frontal Verano y Océano Verano) y tres más en otoño (Costa Otoño, Frontal Otoño y Océano Otoño).

Estas comunidades variaron en función de los eventos oceanográficos de hundimiento-afloramiento acoplados con la predilección de hábitat de cada una de las especies que las conformaron (Roura *et al.* 2013; Fig. 5).



Figura 5. Esquema representativo de las comunidades mesozooplancónicas que se definieron durante los muestreos de 2008 en las que se aprecian tres comunidades de verano dónde SC = Summer Coastal = Costa Verano; SF = Summer Frontal = Frontal Verano; SO = Summer Ocean = Océano Verano y tres comunidades en otoño AC = Autumn Coastal = Costa Otoño; AF = Autumn Frontal = Frontal Otoño y AO = Autumn Ocean = Océano Otoño. Estas comunidades variaron en función de las condiciones oceanográficas de hundimiento o afloramiento acoplados a las preferencias de hábitat de cada una de las especies componentes (Gregori 2014).

El estudio faunístico de los parásitos y epibiontes nos permitió localizar, describir e identificar: (i) Larvas L_3 del complejo *Anisakis simplex* complex (Nematoda; Fig. 6A) infectando krill adulto de la especie *Nyctiphanes couchii* el cual actuaría a través de las interacciones de depredador-presa como hospedador intermediario de estas larvas infectivas. Entre las larvas encontradas *Anisakis pegreffii* ha sido descrita por primera vez infectando a esta especie de eufausiáceo, por lo que comparte una distribución simpátrica junto con *A. simplex sensu stricto*. También se encontraron larvas infectivas L_3 del complejo *Anisakis simplex* infectando misidáceos (Jackson *et al.* 1997, Marcogliese 1992, 1993) por lo que las especies componentes del complejo son generalistas a nivel mesozooplancónico. (ii) Larvas cistacanto (Acanthocephala Fig. 6B) encapsulados en el cefalotórax de *N. couchii* (Euphausiacea) el cual actuaría como hospedador intermediario (HI) para esta fase larvaria parásita. Las larvas encontradas fueron *Bolbosoma balaenae* y *Rhadinorhynchus* sp. dos especies por primera vez descritas en el NE del océano Atlántico. El hecho de haberlas encontrado únicamente infectando únicamente a este hospedador indica la especificidad de estas especies parásitas hacia su HI. (iii) Metacercarias de la especie *Opechona bacillaris* (Køie 1975) (Trematoda Fig. 6C) se encontraron por primera vez infectando Sifonóforos de la especie *Muggiaea* sp. en la Ría de Vigo. Este es la primera vez que se describe esta relación en el área muestreada



donde *Muggiaea* sp. actuaría como segundo HI del trematodo encontrado fuertemente influenciado por las diferentes condiciones oceanográficas de hundimiento o afloramiento que se dan en la zona estudiada. (iv) Se amplió el rango específico de los hospedadores de *Ellobiopsis chattoni* (Alveolata Fig. 7A) un protozoo parásito ampliamente distribuido en las cuencas oceánicas y que es capaz de infectar una gran variedad de especies de copépodos. Las condiciones oceanográficas junto con la preferencia de hábitat y la diferente susceptibilidad de las especies de copépodos hospedadoras pudieron propiciar la colonización de este parásito a dos nuevas especies de copépodos no registradas hasta la fecha: *Calanoides carinatus* y *Centropages chierchiae*. *Ellobiopsis chattoni* resultó ser un copépodo específico para *Calanus helgolandicus* y también preferentemente se encontró en los apéndices bucales de los mismos. (v) Se describió una nueva relación epionte-basibionte Figura 7B registrando una nueva especie de basibionte llamada *Pelagacineteta hebensis* (Suctoría) en honor al basibionte *Paraeuchaeta hebes* donde fue encontrado por primera vez. Se amplía así el rango específico y geográfico del epibionte.



Figura 6. (A) Larvas infectivas L₃ de *Anisakis simplex* complex encontradas infectando a *Nectiphanes couchii*. *Anisakis pegreffi* representa el primer registro de esta especie de nematodo infectado a esta especie de eufausiáceo. También es el primer registro de larvas L₃ del complejo *Anisakis simplex* infectando misidáceos. (B) Larvas cisticanto de *Bolbosoma balaenae* y de *Rhadinorhynchus* sp. infectando *N. couchii*. Éstas representan el primer registro de esta relación parásito-HI. (C) Larvas metacercarias de la especie *Opechona bacillaris* infectando Sifonóforos de la especie *Muggiaea* sp. Esta relación representa el primer registro del hospedador *Muggiaea* sp. como el segundo hospedador intermediario para esta especie de trematodo Gregori 2014).



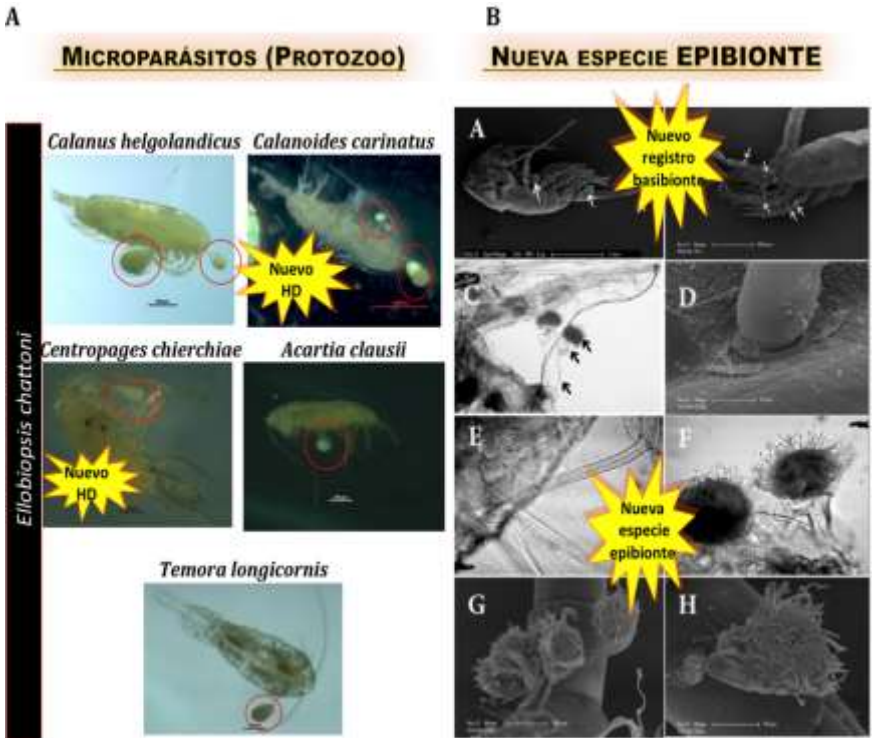


Figura 7. (A) Microparásito protozoo *Ellobiopsis chattoni* encontrado infectando cinco especies de copépodos en el NE del océano Atlántico destacando *Calanoides carinatus* y *Centropages chierchiae* en las que se ha encontrado por primera vez este parásito. (B) Nueva relación epibionte-basibionte descubierta y descrita de *Pelagacinetta hebensis* (epibionte) sobre el cuerpo del basibionte *Paraeuchaeta hebes* Gregori 2014.

Conclusiones

Nyctiphanes couchii es uno de los componentes más importantes del mesozooplankton ya que es el HI de las especies del complejo *Anisakis* (*A. simplex* s.s. y *A. pegreffii*) y de Acantocéfalos (*B. balaenae* y *Rhadinorhynchus* sp.). Es la primera vez que se ha identificado *A. pegreffii*, *B. balaenae* y *Rhadinorhynchus* sp. parasitando esta especie de krill.

Las especies hermanas del complejo *Anisakis* (*A. simplex* y *A. pegreffii*) comparten el mismo hospedador intermediario en una distribución simpátrica. Las especies de *Anisakis* son generalistas a nivel de mesozooplankton mientras que las especies de acantocéfalos son especialistas.



Se pudo completar el ciclo de vida de *B. balaenae* siendo *Balaenoptera physalus* el hospedador definitivo.

El Sifonóforo *Muggiaea* sp. ha sido descrito por primera vez como el 2º HI de *Opechona bacillaris*.

Diferentes condiciones oceanográficas (macrohábitat) afloramiento-hundimiento influyen el reclutamiento (colonización) de larvas infectivas en el mesozooplankton.

Dentro del contexto del cambio climático se requieren más estudios a nivel mesozooplancónico.

Referencias

- Burge CA, Mark Eakin C, Friedman CS, Froelich B, Hershberger PK, Hofmann EE, Petes LE, Prager KC, Weil E, Willis BL (2014) Climate change influences on marine infectious diseases: implications for management and society. *Annu Rev Mar Sci* 6:249-277.
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW (1997) Parasitology: meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *J Parasitol* 83:575-583.
- Gregori M, Aznar FJ, Abollo E, Roura A, González AF, Pascual S (2012) *Nyctiphanes couchii* as intermediate host for the acanthocephalan *Bolbosoma balaenae* in temperate waters of the NE Atlantic. *Dis Aquat Organ* 99:37-47.
- Gregori M, Aznar FJ, Abollo E, Roura A, González AF, Pascual S (2013) *Nyctiphanes couchii* as intermediate host for *Rhadinorhynchus* sp (Acanthocephala, Echinorhynchidae) from NW Iberian Peninsula waters. *Dis Aquat Organ* 105:9-20
- Gregori M (2014) Symbionts in mesozooplankton communities from NE Atlantic Ocean: ecology and recruitment of parasites to the marine trophic web (Tesis Doctoral). Universidad de Alicante, Alicante, España.
- Gregori M, Roura Á, Abollo E, González Á, Pascual S (2015) *Anisakis simplex* complex (Nematoda: Anisakidae) in zooplankton communities from temperate NE Atlantic waters. *J Nat Hist. Publicado online* Doi: 10.1080/00222933.2014.979260
- Gregori M, Fernández-Leborans G, Roura Á, González ÁF, Pascual S (2015) Description of a New Epibiontic Relationship (Suctorian - Copepoda) in NE Atlantic waters: from Morphological to Phylogenetic Analyses. *Acta Zool. Publicado online.* Doi: 10.1111/azo.12113.
- Guisande C, Barreiro A, Maneiro I, Riveira I, Vergara A, Vaamonde A (2006) Tratamiento de datos [Processing data]. Díaz de Santos, Madrid
- Hays GC, Richardson AJ, Robinson C (2005) Climate change and marine plankton. *Trends Ecol & Evol* 20:337-344.
- Brooks DR, Hoberg EP (2007) How will global climate change affect parasite-host assemblages?. *Trends Parasitol* 23(12).
- Jackson CJ, Marcogliese DJ, Burt MDB (1997) Role of hyperbenthic crustaceans in the transmission of marine helminth parasites. *Can Fish Aquat Sci* 54:815-820.
- Køie M (1975) On the morphology and life-history of *Opechona bacillaris* (Molin, 1859) Los, 1907 (Trematoda, Lepocreadiidae). *Ophelia* 13:63-86.
- Lafferty KD, Porter JW, Ford SE (2004) Are diseases increasing in the ocean? *Annu Rev Ecol Syst* 35:31-54.



- Lafferty KD, Allesina S, Arim M, Briggs CJ, De Leo G, Dobson AP, Dunne JA, Johnson PTJ, Kuris AM, Marcogliese DJ, Martinez ND, Memmott J, Marquet PA, McLaughlin JP, Mordecai EA, Pascual M, Poulin R, Thielgtes DW (2008) Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecology Letters* 11:533-546.
- Marcogliese DJ (1992) *Neomysis Americana* (Crustacea, Mysidacea) as an intermediate host for sealworm, *Pseudoterranova decipiens* (Nematoda, Ascaridoidea), and spirurid nematodes (Acuarioidea). *Can J Fish Aquat Sci* 49:513-515.
- Marcogliese DJ (1993) Larval parasitic nematodes infecting marine crustaceans in eastern Canada. 1. Sable Island, Nova Scotia. *J Helminth Soc Wash* 60:96-99.
- Marcogliese DJ (1995) The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites to fish. *Rev Fish Biol Fish* 5:336-371.
- Marcogliese DJ (2002) Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitol* 124:83-99.
- Marcogliese DJ (2004) Parasites: small players with crucial roles in the ecological theater. *EcoHealth* 1:151-164.
- Marcogliese DJ (2005a) Parasites of the superorganism: are they indicators of ecosystem health? *Int J Parasitol* 35:705-716.
- Marcogliese DJ (2005b) Transmission of marine parasites. In: Rohde K (ed) *Marine Parasitology*. CSIRO, Collingwood, Australia, p 280-286.
- Marcogliese DJ (2008) The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)* 27:467.
- Omori M, Ikeda T (1984) *Methods in marine zooplankton ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Pascual S, González ÁF, Guerra Á (2007) Parasite recruitment and oceanographic regime: evidence suggesting a relationship on a global scale. *Biol Rev* 82:257-263.
- Rósza L, Reiczigel J, Majoros G (2000) Quantifying parasites in samples of host. *J Parasitol* 86:228-232.
- Roura Á, Álvarez-Salgado XA, González AF, Gregori M, Roson G, Guerra Á (2013) Short-term meso-scale variability of mesozooplankton communities in a coastal upwelling system (NW Spain). *Prog Oceanogr* 109:18-32.



Dieta del skipjack (*Katsuwonus pelamis*) en el Pacífico ecuatorial

Flores J.C., Lucas C.R., Intriago K.M., Cedeño-Macias L.A., Loor-Andrade P., Varela J.L.

Universidad Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. de Circunvalación, Manta, Ecuador.

E-mail: jose Luis.varela@uca.es

Resumen

El skipjack (*Katsuwonus pelamis*) es un pequeño túnido distribuido en aguas templadas y tropicales de todos los mares y océanos. Esta especie se ha convertido en un importante recurso socio-económico debido a que representa una fuente importante de proteínas. Por esta razón, desde la década de los 50, el esfuerzo pesquero dirigido a la captura de esta especie ha experimentado un progresivo y continuo aumento. El Pacífico ecuatorial representa una importante zona de pesca de este recurso, alcanzándose en los últimos años una cuota de captura de 150.661 t. A pesar de su alta importancia económica, pocos estudios han sido dirigidos a ampliar el conocimiento sobre su biología trófica. En este estudio se determinó la composición de la dieta de 128 individuos capturados mediante el arte de cerco. Todos los ejemplares fueron medidos y pesados y sus estómagos fueron almacenados a -20°C para su posterior análisis. La identificación de las presas fue realizada hasta el nivel taxonómico más bajo posible y se registró el peso húmedo de cada categoría alimenticia. Peces fue el grupo de presas más abundante (%AI=91,65), seguido de cefalópodos (%AI=0,09), mientras que por taxones las especies de la familia Myctophidae tuvieron una alta importancia en la dieta del skipjack (%AI=41,02).

Palabras clave

Skipjack, dieta, Pacífico ecuatorial, contenidos estomacales



Introducción

El skipjack (*Katsuwonus pelamis*) es un pequeño túnido (Fig. 1) distribuido en aguas templadas y tropicales de todos los mares y océanos. Esta especie se ha convertido en un importante recurso socio-económico debido a que representa una fuente importante de proteínas. Por esta razón, desde la década de los 50, el esfuerzo pesquero dirigido a la captura de esta especie ha experimentado un progresivo y continuo aumento. El Pacífico ecuatorial representa una importante zona de pesca de este recurso, alcanzándose en los últimos años una cuota de captura de 150.661 t. A pesar de su alta importancia económica, pocos estudios han sido dirigidos a ampliar el conocimiento sobre su biología trófica.

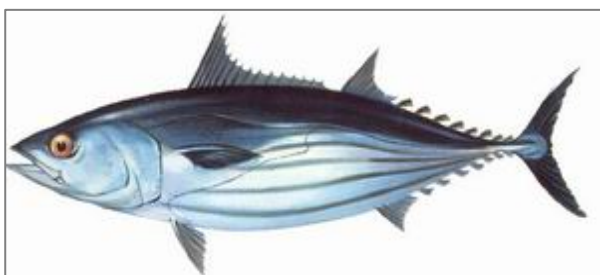


Figura 1.- Skipjack

Materiales y métodos

Para la realización del presente estudio se muestrearon en las instalaciones de INEPACA (Fig. 2), localizada en la ciudad de Manta (Ecuador), 128 ejemplares juveniles capturados por el arte de cerco. Todos los individuos fueron medidos y pesados y sus estómagos extraídos y conservados a -20°C hasta su análisis. En el laboratorio, cada categoría alimenticia se identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los restos de partes duras, como otolitos de peces o picos de cefalópodos, se utilizaron para la identificación de presas parcialmente digeridas utilizando claves taxonómicas específicas. La importancia de cada categoría alimenticia en la dieta fue estimada mediante los siguientes índices: porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%O), porcentaje en peso (%W) e índice alimenticio ($\%AI = \%O \cdot \%W / 100$) (Lauzanne, 1975).





Figura 2.- Muestreros realizados en INEPACA, Manta.

Resultados

Peces fue el grupo de presas más abundante en la dieta (%AI=91,65), seguido de cefalópodos (%AI=0,09) (Tabla I). Por taxones, las especies de la familia Myctophidae (*Myctophum aurolaternatum*, *Myctophum* sp. y *Benthosema panamense*) mostraron tener una alta importancia en la dieta del skipjack (%AI=41,02). Los resultados obtenidos sugieren que el skipjack es un predador oportunista y generalista con capacidad de ingerir presas localizadas en diferentes niveles tróficos de los ecosistemas pelágicos.

Tabla I.- Principales presas de skipjack expresados en % en peso (%W), % de ocurrencia (O). Además se determinó el índice alimentario (%AI) (Lauzanne, 1975).

| Presa | Peso (g) | N. estómagos | %W | %O | %AI |
|---------------------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Peces | 464,40 | 13 | 98,70 | 92,86 | 91,65 |
| <i>Myctophum aurolaternatum</i> | 217,80 | 4 | 46,29 | 28,57 | 13,23 |
| <i>Myctophum</i> sp. | 190,80 | 8 | 40,55 | 57,14 | 27,17 |
| <i>Benthosema panamense</i> | 41,00 | 1 | 8,71 | 7,14 | 0,62 |
| Exocoetidae | 14,80 | 1 | 3,15 | 7,14 | 0,22 |
| Cefalópodos | 6,00 | 1 | 1,28 | 7,14 | 0,09 |
| Teuthida | 6,00 | 1 | 1,28 | 7,14 | 0,09 |
| Crustáceos | 0,10 | 1 | 0,02 | 7,14 | 0,00 |
| Stomatopoda | 0,10 | 1 | 0,02 | 7,14 | 0,00 |
| Otros | 0,001 | 1 | 0,00 | 7,14 | 0,00 |
| <i>Diacria</i> sp. | 0,001 | 1 | 0,00 | 7,14 | 0,00 |

La familia Myctophidae (Fig. 3) está compuesto por peces epipelágicos, los cuales ocupan grandes profundidades durante las horas de luz (>600m) y zonas más superficiales durante las horas de noche (<250m), mientras que skipjack es

una especie pelágica que se distribuye en los primeros 260m de la columna de agua. A tenor de la distribución espacial de estas dos especies, la elevada proporción de Myctophidae observada en la dieta de skipjack sugiere importantes eventos de alimentación nocturnos.

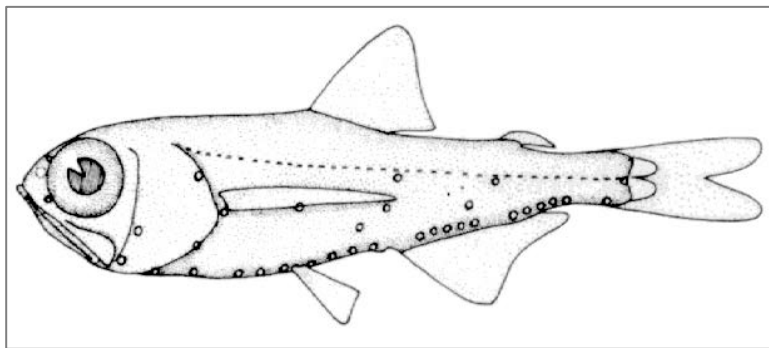


Figura 3.- Myctophidae

Conclusiones

1. La dieta del skipjack está compuesta principalmente por peces teleósteos.
2. El skipjack muestra eventos de alimentación durante las horas nocturnas.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Jorge Garzón, Camilo Guzmán y Willis Chica (INEPACA) por la colaboración recibida para la obtención de los ejemplares muestreados. El presente estudio ha sido subvencionado por el Gobierno de Ecuador (Senescyt-Proyecto Prometeo).

Referencias

- Lauzanne, L. 1975. Régimes alimentaires d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces, Characidae) dans le Lac Tchad et ses tributaires. *Cah. ORSTOM Ser Hydrobiol.* 10: 105-121.



Dieta del atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Pacífico ecuatorial

Intriago K.M., Lucas C.R., Flores J.C., Cedeño-Macias L.A., Loor-Andrade P., Varela J.L.

Universidad Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. de Circunvalación, Manta, Ecuador.

E-mail: joseluis.varela@uca.es.

Resumen

El atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) es un teleósteo de la familia Scombridae ampliamente distribuida a nivel mundial. Como otros túnidos, se trata de una especie situada en los niveles tróficos más elevados de los ecosistemas pelágicos, y como tal juega un papel importante ejerciendo mecanismos de control de tipo "top-down". A pesar de que el Pacífico ecuatorial oriental es una de las principales zonas de pesca del atún de aleta amarilla a nivel mundial, en la actualidad existe escasa información sobre el comportamiento trófico de esta especie en esta zona. Para la realización del presente estudio se muestrearon en las instalaciones de INEPACA, localizada en la ciudad de Manta (Ecuador), 96 ejemplares juveniles capturados por el arte de cerco. Todos los individuos fueron medidos y pesados y sus estómagos extraídos y conservados a -20°C hasta su análisis. En el laboratorio, cada categoría alimenticia se identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible. Los restos de partes duras, como otolitos de peces o picos de cefalópodos, se utilizaron para la identificación de presas parcialmente digeridas utilizando claves taxonómicas específicas. Peces fue el grupo de presas más representativo (%AI=65,84), seguido de cefalópodos (%AI=1,60) y crustáceos (%AI=0,03). Por taxones, %AI indicó que las especies de los generos *Auxis* tuvieron una alta importancia en la dieta del atún de aleta amarilla (%AI=9,68). Los resultados obtenidos sugieren que el atún de aleta amarilla es un predador oportunista y generalista con capacidad de ingerir presas localizadas en diferentes niveles tróficos de los ecosistemas pelágicos.

Palabras clave

Atún aleta amarilla, dieta, Pacífico ecuatorial, contenidos estomacales.



Introducción

El atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*) es un teleósteo de la familia Scombridae (Fig. 1) ampliamente distribuida a nivel mundial. Como otros túnidos, se trata de una especie situada en los niveles tróficos más elevados de los ecosistemas pelágicos, y como tal juega un papel importante ejerciendo mecanismos de control de tipo “top-down”. A pesar de que el Pacífico ecuatorial oriental es una de las principales zonas de pesca del atún de aleta amarilla a nivel mundial, en la actualidad existe escasa información sobre el comportamiento trófico de esta especie en esta zona.



Figura 1. Atún aleta amarilla

Materiales y métodos

Para la realización del presente estudio se muestrearon en las instalaciones de INEPACA, localizada en la ciudad de Manta (Ecuador), 96 ejemplares juveniles capturados por el arte de cerco. Todos los individuos fueron medidos y pesados y sus estómagos extraídos y conservados a -20°C hasta su análisis. En el laboratorio, cada categoría alimenticia se identificó hasta el nivel taxonómico más bajo posible (Fig. 2). Los restos de partes duras, como otolitos de peces o picos de cefalópodos, se utilizaron para la identificación de presas parcialmente digeridas utilizando claves taxonómicas específicas.



Figura 2. Identificación de presas.



Resultados y discusión

Peces fue el grupo de presas más abundante en la dieta (%AI=65,84), seguido de cefalópodos (%AI=1,60) y crustáceos (%AI=0,03) (Tabla I). Por especies, *Auxis* sp. (%AI=7,28) y *Myctophum* sp. (%O=22,73) mostraron tener una alta importancia en la dieta del atún de aleta amarilla juvenil (Tabla I). Los resultados obtenidos sugieren que el atún de aleta amarilla es un predador oportunista y generalista con capacidad de ingerir presas localizadas en diferentes niveles tróficos de los ecosistemas pelágicos.

Tabla 1. Principales presas de juveniles de aleta amarilla expresados en % en peso (%W), % de ocurrencia (O). Además se determinó el índice alimentario (%AI) (Lauzanne, 1975).

| Presa | Peso (g) | N. estómagos | %W | %O | %AI |
|----------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Peces | 4062,04 | 61 | 94,98 | 69,32 | 65,84 |
| <i>Auxis</i> sp. | 2284,2 | 12 | 53,41 | 13,64 | 7,28 |
| Exocoetidae | 68,78 | 5 | 1,61 | 5,68 | 0,09 |
| <i>Myctophum</i> sp. | 1,21 | 2 | 0,03 | 2,27 | 0,00 |
| <i>Auxis rochei</i> | 1292,7 | 7 | 30,23 | 7,95 | 2,40 |
| Myctophidae | 253,13 | 20 | 5,92 | 22,73 | 1,35 |
| <i>Selene peruviana</i> | 2,8 | 1 | 0,07 | 1,14 | 0,00 |
| Paralepididae | 0 | 1 | 0,00 | 1,14 | 0,00 |
| Peces sin identificar | 159,22 | 17 | 3,72 | 19,32 | 0,72 |
| Cefalópodos | 207,62 | 29 | 4,85 | 32,95 | 1,60 |
| Ommastrephidae | 7,2 | 3 | 0,17 | 3,41 | 0,01 |
| <i>Argonauta</i> sp. | 20,81 | 6 | 0,49 | 6,82 | 0,03 |
| <i>Dosidicus gigas</i> | 167,64 | 17 | 3,92 | 19,32 | 0,76 |
| <i>Histioteuthis</i> sp. | 0,5 | 1 | 0,01 | 1,14 | 0,00 |
| Teuthida | 6,42 | 2 | 0,15 | 2,27 | 0,00 |
| <i>Thysanoteuthis</i> sp. | 0,15 | 1 | 0,00 | 1,14 | 0,00 |
| Cefalópodo sin identificar | 4,9 | 3 | 0,11 | 3,41 | 0,00 |
| Crustáceos | 7,146 | 14 | 0,17 | 15,91 | 0,03 |
| Larva Stomatopoda | 0,33 | 3 | 0,01 | 3,41 | 0,00 |
| Larva de Porcellanidae | 6,096 | 7 | 0,14 | 7,95 | 0,01 |
| Restos de Crustaceos | 0,72 | 5 | 0,02 | 5,68 | 0,00 |

Conclusiones

1. El atún de aleta amarilla juvenil puede alimentarse de una gran variedad de presas durante sus primeros años de vida.
2. Los atunes de aleta amarilla juveniles presentan un comportamiento trófico oportunista y generalista. Esto supone una ventaja importante, pues les permite



aprovechar una amplia gama de recursos alimenticios durante un período del ciclo vital de rápido crecimiento y gran demanda metabólica.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a Jorge Garzón, Camilo Guzmán y Willis Chica (INEPACA) por la colaboración recibida para la obtención de los ejemplares muestreados. El presente estudio ha sido subvencionado por el Gobierno de Ecuador (Senescyt-Proyecto Prometeo).

Referencias

Lauzanne, L. 1975. Régimes alimentaires d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces, Characidae) dans le Lac Tchad et ses tributaires. *Cah. ORSTOM Ser Hydrobiol.* 10: 105-121.



Estimación del nivel trófico de atún rojo (*Thunnus thynnus*) de edad 1-2 mediante análisis de isótopos estables y su relación con la talla

Orúe B.¹, Goñi N.², Sorell J.M.¹, Arrizabalaga H.², Medina A.¹, Varela J.L.³

¹Departamento de Biología, Universidad de Cádiz, República Saharaui s/n, Puerto Real, España.

²AZTI Tecnalia, Herrera Kaia Portualdea z/g. Pasaia, España.

³Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. De Circunvalación, Manta, Ecuador.

E-mail: joseluis.valera@uca.es

Resumen

El atún rojo del Atlántico (*Thunnus thynnus*) es un depredador ubicado en los niveles superiores de las redes tróficas de los ecosistemas pelágicos. En las últimas décadas, las poblaciones de atún rojo han sufrido una disminución importante debido a la sobrepesca. Una mejor comprensión de la ecología de la alimentación es esencial para promover estrategias de gestión a fin de lograr una explotación sostenible del recurso. Tradicionalmente, los estudios sobre biología trófica se han basado en análisis de contenidos estomacales, los cuales proporcionan información a una escala de tiempo corto. Por el contrario, los análisis de isótopos estables de diferentes tejidos se han convertido en una herramienta útil para estimar las dietas y los niveles tróficos a escalas temporales más prolongadas. Con el objetivo de estimar el nivel trófico de atunes rojos juveniles de edad 1-2 en el Golfo de Vizcaya, se tomaron muestras de músculo blanco e hígado de 72 individuos capturados mediante el arte de cebo vivo en julio-agosto de 2013. Todas las muestras fueron congeladas a -20°C hasta su posterior análisis. Las muestras fueron descongeladas, troceadas e introducidas en una estufa a 60°C durante 48 horas. Posteriormente, fueron finamente molidas en un mortero para lograr una adecuada homogenización. Cada muestra se dividió en dos sub-muestras, una de las cuales se preparó directamente para el análisis de $\delta^{15}\text{N}$, mientras que la otra submuestra se sometió a extracción lipídica antes del análisis de $\delta^{13}\text{C}$. A partir de los análisis realizados en músculo, se estimó que el atún rojo de edad 1-2 ocupa un nivel trófico de $4,52 \pm 0,59$. Por otro lado, los valores obtenidos a partir del análisis isotópico en hígado indicaron un nivel trófico de $3,60 \pm 0,33$, encontrándose diferencias estadísticamente



significativas entre ambos. Además se observó un aumento del nivel trófico con la talla. Los valores de posiciones tróficas obtenidos en este estudio son más altos que los presentados en trabajos previos. Muy plausiblemente, esto es debido a que otros autores utilizaron como factor de discriminación un incremento en $\delta^{15}\text{N}$ de 3,4 ‰ por nivel trófico, mientras que en nuestro caso se han utilizado los factores de discriminación calculados específicamente para cada tejido en atunes rojos juveniles ($\Delta^{15}\text{N} = 1,46\text{‰}$ para músculo y $\Delta^{15}\text{N} = 1,62\text{‰}$ para hígado).

Palabras clave

Atún rojo, biología trófica, isótopos estables, nivel trófico

Introducción

El atún rojo del Atlántico (*Thunnus thynnus*) (Fig. 1) es un depredador ubicado en los niveles superiores de las redes tróficas de los ecosistemas pelágicos. En las últimas décadas, las poblaciones de atún rojo han sufrido una disminución importante debido a la sobrepesca. Una mejor comprensión de la ecología trófica es esencial para promover estrategias de gestión a fin de lograr una explotación sostenible del recurso. Los análisis de isótopos estables (AIE) de diferentes tejidos se han convertido en una herramienta útil para estimar las dietas y los niveles tróficos.



Figura 1.- Atún rojo



Materiales y métodos

Con el objetivo de estimar el nivel trófico (NT) de atunes rojos juveniles de edad 1-2 en el Golfo de Vizcaya, se tomaron muestras de músculo blanco e hígado de 72 individuos capturados mediante el arte de cebo vivo en julio-agosto de 2013. Las muestras fueron descongeladas, troceadas y liofilizadas. Cada muestra se dividió en dos sub-muestras, una de las cuales se preparó directamente para el análisis de $\delta^{15}\text{N}$, mientras que el otro se sometió a extracción lipídica antes del análisis de $\delta^{13}\text{C}$. El NT fue calculado con las firmas isotópicas de ^{15}N mediante la ecuación de Post (2002):

$$\text{NT} = \lambda + (\delta^{15}\text{N}_{\text{consumidor}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{base}}) / \Delta^{15}\text{N}$$

Donde $\delta^{15}\text{N}_{\text{base}}$ es el valor de $\delta^{15}\text{N}$ del organismo del nivel trófico más bajo usado en la comparación, $\Delta^{15}\text{N}$ es el factor de discriminación para el consumidor secundario y λ es el NT del organismo de base. En el presente estudio utilizamos como organismo base *Meganyctiphanes norvegica* y los factores de discriminación $\Delta^{15}\text{N}$ músculo (‰) = $1,46 \pm 0,14$ y $\Delta^{15}\text{N}$ hígado (‰) = $1,62 \pm 0,22$ (Varela *et al.*, 2012). Para valorar la posible relación del NT con la talla, clasificaremos a los individuos en tres grupos de tallas (M1: 55-65cm, M2: 65-85cm, M3: 85-110 cm).

Resultados y discusión

La estimación del nivel trófico de los organismos constituye una aplicación cuantitativa de los isotopos estables. En este estudio hemos obtenido valores de entre 2,95 y 5,32, con una media de $4,52 \pm 0,59$ para músculo y entre 2,75 y 4,17, con una media de $3,60 \pm 0,33$ para hígado (Tabla 1). Entre los NT calculados en ambos tejidos, encontramos diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 1. Nivel trófico calculado a partir de muestras de músculo e hígado.

| | Músculo | Hígado | Test U de Mann-Whitney (p-valor) |
|--------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|
| Nivel trófico (Media+SD) | $4,52 \pm 0,59$ | $3,60 \pm 0,33$ | <0,001 |

Las diferencias encontradas entre el músculo y el hígado puede deberse a su diferente tasa de renovación. El músculo tiene una tasa de renovación baja (MacAvoy *et al.*, 2001), aportando información sobre la alimentación de los 2 a 3 meses previos a la captura. Por el contrario, el hígado tiene mayores tasas de renovación (Guelinckx *et al.*, 2007), dando información a una escala semanal (2-3 semanas).

Los valores obtenidos en el presente estudio fueron superiores a los mostrados por Estrada *et al.* (2005) y Sarà y Sarà (2007) para individuos adultos. Esta diferencia, puede deberse a los factores de discriminación utilizados, ya que dichos autores emplearon un factor de 3.4 ‰ (Post, 2002), mientras que en nuestro trabajo se utilizaron factores de discriminación específicos para cada tejido (Varela *et al.* 2012). Por otro lado, Stergiou y Karpuzi (2002) y Logan *et al.* (2011) obtuvieron valores de NT similares a los aquí presentados para individuos de edad 1-2.

Representando el NT frente a la talla se ve un ligero aumento de éste a medida que aumenta el tamaño, mostrando una correlación estadísticamente significativa, según el coeficiente de correlación de Pearson ($r=0,65$, $p< 0,005$). La relación entre ambas variables se ajusta a una función lineal ($R^2=0,42$, Fig. 2).

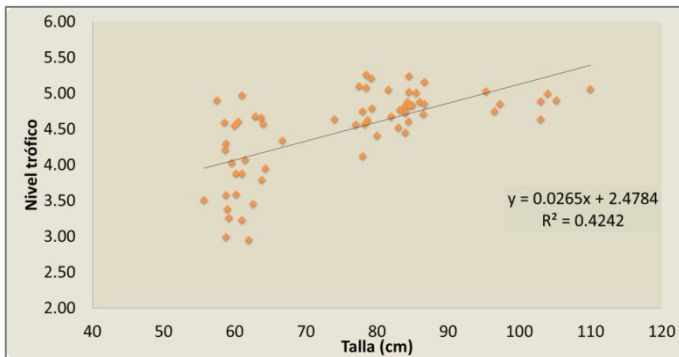


Figura 2. Relación del NT con la talla (cm)

Para estimar las posibles diferencias entre grupos de tallas realizamos una prueba de Kruskal-Wallis, encontrando diferencias significativas entre ellos ($p<0,001$). Al representar los tres grupos de tallas con sus correspondientes medias, vemos como estas siguen la misma tendencia de aumento con el tamaño (Fig 3).

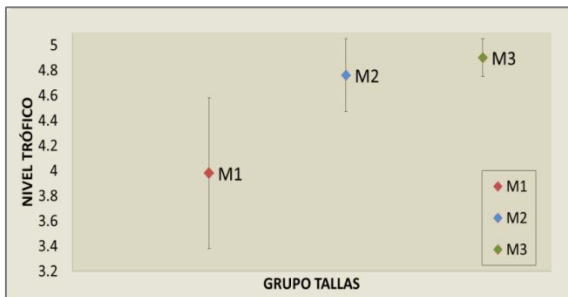


Figura 3. NT por grupo de tallas (media \pm SD).



El efecto de la talla y el uso de recursos ha sido muy estudiado para peces y se asocia a cambios de alimentación (Werner y Gilliam, 1984). Un aumento de la talla podría significar una ingesta de presas situadas en niveles tróficos superiores.

Agradecimientos

El presente estudio ha sido subvencionado por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación (proyectos CTM2011-27505 y CTM2011-29525-C04) y el Gobierno de Ecuador (Senescyt-Proyecto Prometeo).

Referencias

- Estrada, J.A., M. Lutcavage y S.R. Thorrold. 2005. Diet and trophic position of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) inferred from stable carbon and nitrogen isotopes. *Mar. Biol.* 147: 37-45.
- Guelinckx, J., J. Maes, P. Van Den Driessche, B. Geysen, F. Dehairs y F. Ollevier. 2007. Changes in $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ in different tissues of juvenile sand goby *Pomatoschistus minutus*: a laboratory diet-switch experiment. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 341: 205-215.
- Logan, J. M., E. Rodríguez-Marín, N. Goñi, S. Barreiro, H. Arrizabalaga, W. Golet y M. Lutcavage. 2011. Diet of young Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in eastern and western Atlantic foraging grounds. *Mar. Biol.* 158: 73-85.
- MacAvoy, S.E., S.A Macko y G.C. Garman. 2001. Isotopic turnover in aquatic predators: quantifying the exploitation of migratory prey. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:923-932.
- Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83:703-718
- Sarà, G. y R. Sarà. 2007. Feeding habits and trophic levels of bluefin tuna *Thunnus thynnus* of different size classes in the Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.* 23: 122-127.
- Stergiou, K.I. y V.S. Karpouzi. 2001. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 11: 217-254.
- Varela, J.L., F. de la Gándara, A. Ortega y A. Medina. 2012. ^{13}C and ^{15}N analysis in muscle and liver of wild and reared young-of-the-year (YOY) Atlantic bluefin tuna. *Aquaculture* 354 : 17-21.
- Werner, E.E. y J.F. Gilliam. 1984. The ontogenetic niche and species interactions in size-structured populations. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 15: 393-425.





Hábitos alimenticios del atún rojo (*Thunnus thynnus*) en dos zonas del Mediterráneo occidental

Sorell J.M.¹, Medina A.¹, Goñi N.², Arrizabalaga H.², Macias D.³, Varela J.L.⁴

¹Departamento de Biología, Universidad de Cádiz, República Saharaui s/n, Puerto Real, España.

²AZTI Tecnalia, Herrera Kaia Portualdea z/g. Pasaia, España.

³Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Málaga, Puerto Pesquero s/n, Fuengirola, España.

⁴Departamento Central de Investigación, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Av. de Circunvalación, Manta, Ecuador.

E-mail: joseluis.varela@uca.es

Resumen

El Mar Mediterráneo es una importante zona de reproducción y cría del atún rojo (*Thunnus thynnus*). En su parte más occidental, en las aguas que rodean las Islas Baleares se han muestreado larvas de atún rojo en junio y julio. Pocos meses después (septiembre-noviembre), los juveniles de edad 0 (3-5 meses) aparecen cerca de costa a lo largo de la plataforma continental española. La dieta de los juveniles es variable, consiste en una amplia gama de presas de peces y, en menor grado, cefalópodos y crustáceos. Con el fin de aumentar el conocimiento de los hábitos alimenticios en su fase juvenil, (22.5-36.1 cm longitud furcal) se estudió la dieta mediante el análisis de contenido estomacal en ejemplares capturados en concursos de pesca recreativa con curricán en dos áreas de alimentación del Mediterráneo Occidental (Cataluña y Valencia) en 2012 y 2013. La presa más abundante fue *Engraulis encrasicolus*, seguida de clupeidos y en menor medida *Illex coindetii* y estomatópodos. Estos resultados sugieren que los atunes rojos de menos de un año de vida se alimentan principalmente de peces, aunque los invertebrados proporcionan una sustancial contribución a la dieta.

Palabras clave

Atún rojo, biología trófica, Mediterráneo occidental, isótopos estables, contenidos estomacales.



Introducción

El Mediterráneo Occidental es una importante zona de reproducción y cría del atún rojo (*Thunnus thynnus*) (Fig. 1). Tras la reproducción, los juveniles de edad 0+ aparecen cerca de costa a lo largo de la plataforma continental española mediterránea en octubre-noviembre.

Los estudios sobre la biología trófica del atún rojo se han basado tradicionalmente en análisis de contenidos estomacales (SCA), los cuales aportan información detallada sobre las presas ingeridas en las últimas horas antes de la captura.



Figura 1. Fotografía aérea tomada en una campaña de prospecciones aéreas en 2008 en la zona de Cambrils en la cual se observa un cardumen de juveniles de atún rojo alimentándose de pequeños pelágicos.

Materiales y métodos

Los juveniles de atún rojo de edad 0⁺ se obtuvieron de concursos de pesca recreativa con curricán en octubre de 2012 y 2013 en dos áreas de alimentación del Mediterráneo Occidental, cercanas a las costas de Cambrils (Tarragona) y Valencia (Fig. 2). A bordo, se registraron los datos biométricos de los ejemplares (longitud furcal y peso) y se almacenaron a -20°C hasta su posterior análisis.

En el laboratorio, tras la descongelación de los individuos, se analizaron los estómagos y las presas se identificaron hasta el nivel taxonómico más bajo



posible mediante claves específicas de identificación y bases de datos en línea, FishBase. Cada presa fue medida y pesada, y a continuación se determinó el grado de digestión. Para la identificación de presas parcialmente digeridas se recurrió al examen de las partes duras como otolitos en teleósteos, picos en cefalópodos y exoesqueletos en crustáceos. Ocasionalmente, se han usado análisis genéticos para la identificación de pequeños crustáceos. La importancia de cada categoría alimenticia en la dieta fue estimada mediante los siguientes índices: porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%O), porcentaje en peso (%W) e índice alimenticio (%AI=%O·%W/100) (Lauzzane, 1975). Para estudiar la semejanza e independencia en la dieta de los juveniles de las dos áreas en dos años consecutivos se ha llevado a cabo un análisis de correspondencias a partir del peso de las presas en cada atún y para lograr una mejor representación se han agrupado las presas por características tróficas y ecológicas. Las estrategias alimenticias fueron evaluadas gráficamente por el método de Costello (1990) modificado por Amundsen *et al.* (1996).

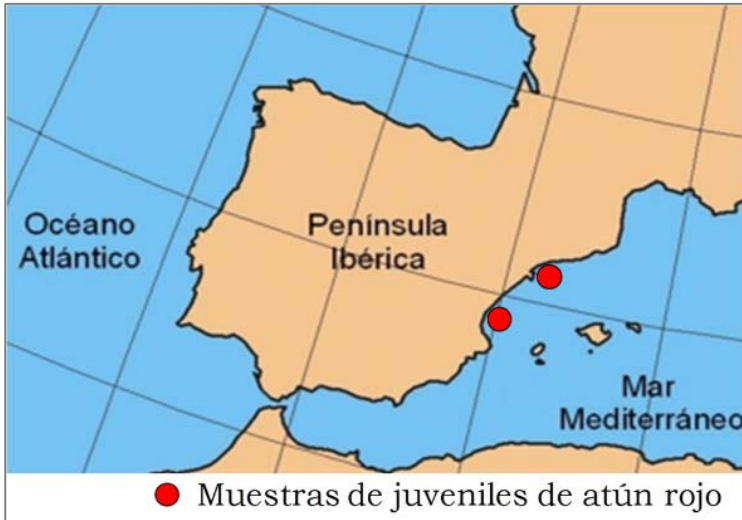


Figura 2.- Área de muestreo.

Resultados y discusión

Más del 90% de los juveniles de atún rojo con un peso comprendido entre 187 y 1562 g (22,5 a 46,1 cm de longitud furcal) presentaron alguna presa en su interior (Tabla I), confirmándose el claro comportamiento alimenticio de la especie en esta área. La dieta estuvo compuesta por al menos 17 taxones, incluyendo 7 especies de peces, 3 cefalópodos y 7 crustáceos (Tabla II).



Tabla I. Tabla resumen.

| | Cambrils | | Valencia | |
|--|---------------|----------------|---------------|---------------|
| | 2012 | 2013 | 2012 | 2013 |
| Longitud furcal Juveniles atún rojo (cm) | 35,78 ± 2,3 | 38,85 ± 2,67 | 28,24 ± 3,15 | 33,47 ± 4,74 |
| Peso Juveniles atún rojo (g) | 886,8 ± 187,1 | 1255,6 ± 229,8 | 446,5 ± 201,0 | 772,2 ± 344,5 |
| Número de estómagos muestreados | 85 | 53 | 30 | 66 |
| Número estómagos con presas (%) | 80 (94,12%) | 52 (98,11 %) | 29 (96,67%) | 62 (93,94%) |
| Número estómagos vacíos (%) | 5 (5,88%) | 1 (1,89%) | 1 (3,33%) | 4 (6,06%) |
| Biomasa total de las presas (g) | 679.48 | 1030.65 | 243.69909 | 395.8715 |

En la zona de Cambrils en 2012 y 2013, la dieta estuvo compuesta principalmente por *Engraulis encrasicolus* (%AI= 81,2 y 91,6, respectivamente) y *Sardina pilchardus* (%AI=17.7 y 8.4, respectivamente), por el contrario el resto de presas tuvieron una incidencia baja en la dieta (%AI<1) (Tabla II). La alta contribución de pequeños pelágicos en la dieta no fue inesperada, ya que el Golfo de León es una importante zona de reproducción de estas especies. En la zona de Valencia se obtuvieron resultados similares, siendo *Engraulis encrasicolus* (%AI=24,1 y 67,1) y Clupeidae (%AI=36,9 y 24,94) las presas más abundantes (Tabla II).

El análisis de correspondencias explica un 35,38% de la varianza acumulada. La primera dimensión agrupa, por semejanza en las presas aparecidas en los estómagos, los peces epipelágicos y los peces mesopélagicos en el semieje negativo, separándolos del resto de presa localizadas en el semieje positivo (Fig. 2). Mientras que en la segunda dimensión, los cefalópodos con valores positivos quedan reparados del resto de presas. No se ha observado variación interanual en los individuos de Cambrils, correlacionados negativamente con ambas dimensiones, y concatenados a los peces epipelágicos (PE) y a los peces mesopélagicos (PM). Por el contrario, los juveniles de Valencia presentan variaciones interanuales, los del 2012 están correlacionados positivamente con los cefalópodos y los del 2013 con el resto de presas exceptuando los PE y PM.

A partir de la metodología de Amundsen (1996) se determinó que la presa dominante en la dieta de los atunes rojo en la zona de Cambrils para ambos años fue *Engraulis encrasicolus* (Fig 3). No obstante, la mayor parte de las presas están localizadas en la esquina izquierda inferior del diagrama y son consideradas especies raras o con poca importancia, ya que presentan bajos valores en ocurrencia y en abundancia específica de las presas, evidenciando un marcado comportamiento generalista del atún. Sin embargo, algunos individuos muestran un comportamiento especialista sobre *Engraulis encrasicolus*, Clupeidae, *Illex coindetii*, las dos zonas y los dos años, mientras que los estomatopodos solamente fueron importantes en el área de Valencia en 2012.



Tabla II.- Contenido estomacal de juveniles de atún rojo. %W, porcentaje en peso; %O(n) porcentaje de la frecuencia de ocurrencia y número de estómagos; % AI porcentaje del índice alimenticio (AI=%O·%W/100).

| Presas | Cambrils | | | | | | Valencia | | | | | |
|--|----------|------------|-------|-------|------------|-------|----------|-----------|-------|-------|------------|-------|
| | 2012 | | | 2013 | | | 2012 | | | 2013 | | |
| | %W | %O (n) | %AI | %W | %O (n) | %AI | %W | %O (n) | %AI | %W | %O (n) | %AI |
| Peces | | | | | | | | | | | | |
| <i>Engraulis encrasicolus</i> | 61,46 | 76,47 (65) | 81,20 | 80,38 | 98,11 (52) | 91,56 | 34,35 | 26,67 (8) | 42,07 | 58,03 | 28,79 (19) | 67,05 |
| <i>Sardina pilchardus</i> | 26,36 | 38,82 (33) | 17,68 | 19,25 | 37,74 (20) | 8,43 | | | | | | |
| Clupeidae | | | | | | | 30,13 | 26,67 (8) | 36,90 | 27,34 | 22,73 (15) | 24,94 |
| <i>Sprattus sprattus</i> | 0,98 | 1,18 (1) | 0,02 | 0,00 | 1,89 (1) | 0,00 | | | | | | |
| <i>Trachurus</i> sp | | | | 0,34 | 1,89 (1) | 0,01 | | | | 0,26 | 3,03 (2) | 0,03 |
| <i>Arctozenus risso</i> | | | | | | | | | | 0,47 | 1,52 (1) | 0,03 |
| <i>Cepola</i> sp | 0,51 | 1,18 (1) | 0,01 | | | | | | | | | |
| Myctophidae | 0,00 | 1,18 (1) | 0,00 | | | | | | | | | |
| Larvas de Teleósteos | 0,02 | 4,71 (4) | 0,00 | | | | | | | 0,04 | 10,61 (7) | 0,02 |
| Teleósteos sin identificar | 0,01 | 1,18 (1) | 0,00 | | | | 3,63 | 13,33 (4) | 2,22 | 4,24 | 18,18 (12) | 3,10 |
| Cefalópodos | | | | | | | | | | | | |
| <i>Illex coindetii</i> | 9,68 | 5,88 (5) | 0,98 | 0,03 | 1,89 (1) | 0,00 | 13,18 | 13,33 (4) | 8,07 | 7,62 | 10,61 (7) | 3,24 |
| <i>Todaropsis eblanae</i> | | | | | | | 7,86 | 6,67 (2) | 2,41 | | | |
| Sepiolidae | 0,22 | 2,35 (2) | 0,01 | | | | | | | | | |
| Omastréfidés sin identificar | 0,01 | 3,53 (3) | 0,00 | | | | 7,53 | 6,67 (2) | 2,31 | 0,01 | 1,52 (1) | 0,00 |
| Cefalópodos sin identificar | 0,26 | 1,18 (1) | 0,01 | | | | | | | 0,05 | 1,52 (1) | 0,00 |
| Crustáceos | | | | | | | | | | | | |
| Anfípodo gammarido | 0,00 | 1,18 (1) | 0,00 | | | | 0,01 | 3,33 (1) | 0,00 | 0,27 | 9,09 (6) | 0,10 |
| <i>Brachyscelus</i> sp | 0,00 | 1,18 (1) | 0,00 | | | | | | | | | |
| Larvas de Estomatópodos (<i>Squilla</i> sp) | 0,15 | 20 (17) | 0,05 | | | | 3,28 | 40 (12) | 6,02 | 1,17 | 22,73 (15) | 1,07 |
| Canídea | 0,02 | 3,53 (3) | 0,00 | | | | | | | | | |
| <i>Streetsia</i> sp | 0,01 | 2,35 (2) | 0,00 | | | | | | | | | |
| <i>Scyllarus</i> sp (juvenil) | | | | | | | | | | 0,02 | 1,52 (1) | 0,00 |
| Zoeas de decápodos | 0,19 | 8,24 (7) | 0,03 | | | | | | | | | |
| Larvas de decápodos | 0,01 | 2,35 (2) | 0,00 | | | | | | | | | |
| Megalopa de ermitaño, <i>Glaucothoe</i> | | | | | | | 0,01 | 3,33 (1) | 0,00 | | | |
| Megalopa de Portunidae | | | | | | | 0,00 | 3,33 (1) | 0,00 | 0,00 | 1,52 (1) | 0,00 |
| Mysis de decápodos | | | | | | | 0,00 | 3,33 (1) | 0,00 | | | |
| Megalopas de decápodos | 0,06 | 9,41 (8) | 0,01 | | | | | | | | | |
| Zoeas de decápodos | | | | | | | | | | 0,03 | 4,55 (3) | 0,01 |
| Protozoeas de decápodos | | | | | | | | | | 0,02 | 1,52 (1) | 0,00 |
| Larvas de decápodo | 0,01 | 1,18 (1) | 0,00 | | | | | | | 0,03 | 1,52 (1) | 0,00 |
| Crustáceos sin identificar | 0,01 | 2,35 (2) | 0,00 | | | | | | | 0,39 | 25,76 (17) | 0,40 |
| Sifonóforos | 0,02 | 2,35 (2) | 0,00 | | | | 0,01 | 3,33 (1) | 0,00 | | | |
| Gastropoda | 0,01 | 1,18 (1) | 0,00 | | | | | | | | | |
| Pteropoda | | | | | | | | | | 0,00 | 3,03 (2) | 0,00 |



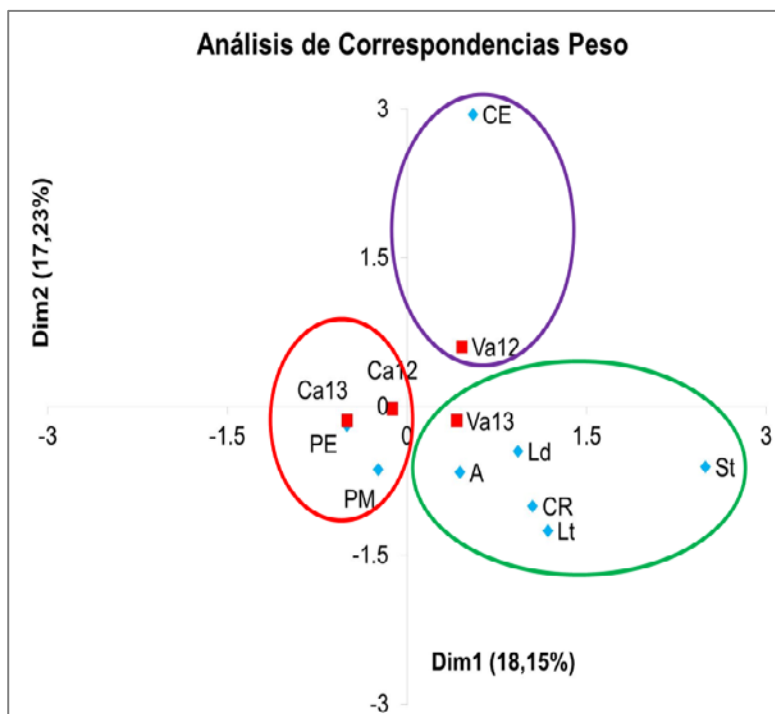


Figura 3.- PE, peces epipelágicos (*Engraulis encrasicolus*, *Sardina pilchardus*, *Sprattus sprattus*, *Clupeidos* y *Trachurus* sp); PM, peces mesopelágicos (*Artozenus risso*, *Cepola* sp. y *Mictófidus*); Lt, Larvas de teleósteos; CE, cefalópodos (*Illex coindetii*, *Todaropsis eblanae*, Sepiolidae, Omástréfidus sin identificar y cefalópodos sin identificar); St, estomatópodos; A, Anfípodos hiperídeos; CR, crustáceos (Carideos, *Strepsia* sp, *Scyllarus* sp y *Brachyscelus* sp); Ld, larvas de decápodos. Ca12 y Ca13, promedio de los juveniles de Cambrils 2012 y 2013; To12 y To13, promedio de los juveniles de Valencia 2012 y 2013



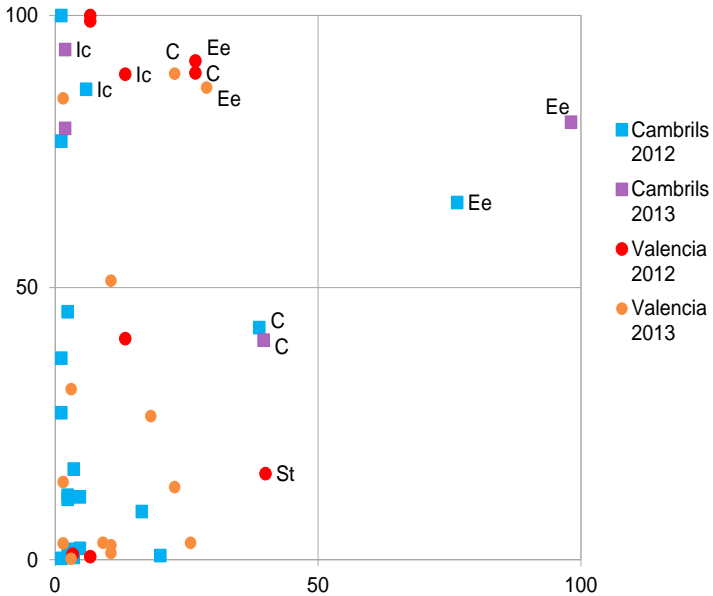


Figura 4.- Determinación del patrón de alimentación mediante la metodología de Costello (1990), modificado por Amundsen et al. (1996). En abscisas el porcentaje de ocurrencia (%O) y en ordenadas la abundancia específico de cada presa en tanto por cien (Pi). Ee, *Engraulis encrasicolus*; C, Clupeidae; Ic, *Illex coindetii* y St, Estomatópodos

Conclusiones

1. Los atunes rojos en edad 0+ de Cambrils y Valencia se alimentan de un amplio rango de presas.
2. La presa más abundante fue *Engraulis encrasicolus*, seguida de clupeidos y en menor medida *Illex coindetii* y estomatópodos.
3. La dieta del atún rojo muestra variabilidad espacial y temporal, posiblemente asociada a la disponibilidad y abundancia de presas

Agradecimientos

El presente estudio ha sido subvencionado por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación (proyectos CTM2011-27505 y CTM2011-29525-C04) y el Gobierno de Ecuador (Senescyt-Proyecto Prometeo).



Referencias

- Amundsen, P.A., H.M. Gabler y F.J. Staldvik. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *J. Fish. Biol.* 48: 607-614.
- Costello, M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish Biol.* 36: 261-263.
- Lauzanne, L. 1975. Régimes alimentaires d'*Hydrocyon forskalii* (Pisces, Characidae) dans le Lac Tchad et ses tributaires. *Cah. ORSTOM. Hydrobiol.* 10: 105-121.



Estructura comunitaria del fitoplancton en la zona de actividad pesquera en la Provincia del Guayas, Ecuador durante la época seca del 2012

Luis Troccoli Ghinaglia^{1,2,3}, Mónica Prado¹, David García¹, Jacqueline Cajas¹

¹Instituto Nacional de la Pesca. Letamendí 102 y la Ría, Guayaquil, Ecuador
Investigador Prometeo

²Investigador Prometeo 1. Senescyt, Instituto de Investigaciones Científicas

³Universidad de Oriente. Venezuela

E-mail: luis.troccoli@gmail.com; mprado@institutopesca.gob.ec

Resumen

Con el objeto de determinar la composición, abundancia y estructura comunitaria del fitoplancton en la zona de actividad de pesca artesanal a una milla de la costa, se realizaron muestreos desde junio a diciembre del 2012 en 16 estaciones de la provincia de Guayas, de las cuales ocho se distribuyeron en la zona costera directa y ocho en la zona de influencia del Golfo de Guayaquil. Se determinaron las condiciones hidrográficas a través de las variables temperatura, salinidad, nutrientes (NO₂, NO₃; PO₄, SiO₂). Todas mostraron diferencias significativas zonales, registrando mayor temperatura, concentración de nutrientes y abundancia de fitoplancton en la zona estuarina y mayor concentración de oxígeno disuelto y salinidad en la zona costera. Se identificaron 157 especies con 83% de diatomeas y el 15% de dinoflagelados. En general la abundancia fue mayor en la zona estuarina (6×10^5 Cel.l⁻¹) que en la costera (5×10^5 Cel.l⁻¹), sin embargo, la diversidad fue menor en la zona estuarina. El análisis global de las condiciones hidrográficas y el fitoplancton (MDS-Anosim) mostró diferencias significativas. En el Análisis de Correspondencia Canónica, se evidenció que en la zona de influencia costera dominaron *Nitzschia longissima*, *Guinardia striata* y *Leptocylindrus danicus* y en la zona estuarina las diatomeas halotolerantes que generalmente habitan en ambientes de alta concentración de silicatos, entre las que destacan *Paralia sulcata*, *Skeletonema costatum* y *Thalassionema frauenfeldianum*. Los resultados de este estudio sugieren que la abundancia y diversidad del fitoplancton en zonas de actividad pesquera de la provincia de Guayas, constituyen insumos para la transferencia de energía a los niveles tróficos superiores.



Resumen

Palabras clave: Fitoplancton, diversidad, Costa de Ecuador.

Introducción

La zona costera ecuatoriana se caracteriza por contener más de 70 cuencas hidrográficas de las cuales cerca del 80 % descargan en el margen costero (Rendón et al., 1983). En la provincia de Guayas (Centro del frente costero ecuatoriano) se realizan muestreos en el área pesquera permitida (1 milla desde el margen costero), de las cuales hay zonas marginales netamente costeras y en la zona sur, hay áreas que reciben descargas estuarinas influenciadas por el Golfo de Guayaquil (CITA). Se plantea que las descargas estuarinas pueden ejercer cambios en el régimen hidrográfico y este se refleja en la estructura comunitaria del fitoplancton en el ámbito de la pesca artesanal y sería la base para interpretar lo que ocurre a nivel de capturas

La provincia de Guayas está ubicada al SO del río Guayas, es una de las provincias de menor aporte hidrográfico con precipitaciones anuales menores a 500 mm. Sin embargo una porción de la zona costera recibe aportes fluviales. (Río Guayas y Río Daule). El área de estudio comprende 16 estaciones ubicadas en la provincia de Santa Elena con 8 estaciones netamente costeras y 8 ubicadas dentro del área de influencia del Golfo de Guayaquil, pero todas ubicadas a 1 milla de distancia del margen continental.



Figura 1. Ubicación geográficas de las estaciones muestreadas en Guayas durante la temporada seca del 2012.



Materiales y métodos

Se colectaron muestras de fitoplancton a nivel superficial entre junio y diciembre de 2012 y se realizó el análisis cualitativo con el método Utermöhl (Hasle,1978). Se determinó además temperatura, salinidad y nutrientes (NO₃, NO₂, PO₄ y SiO₄) y al fitoplancton la diversidad, equitatividad y riqueza (Krebs,1999).

Para establecer posibles diferencias entre las localidades, (influencia costera y área de influencia del Gofio de Guayaquil) se realizó análisis de Man.-Whytney y para relacionar las especies con las variables hidrográficas el Análisis de Correspondencia Canónica (ter Braak,1986). La diferencia entre la estructura comunitaria del fitoplancton entre las dos áreas se realizó mediante MDS-Anosim y con Simper se determinaron las especies que caracterizan cada zona.

Resultados y discusión

Se detectaron diferencias significativas entre las variables hidrográficas de ambas zonas con menor salinidad y temperatura en la zona costera y mayor salinidad y concentración de nutrientes en la zona estuarina (Figura 2).

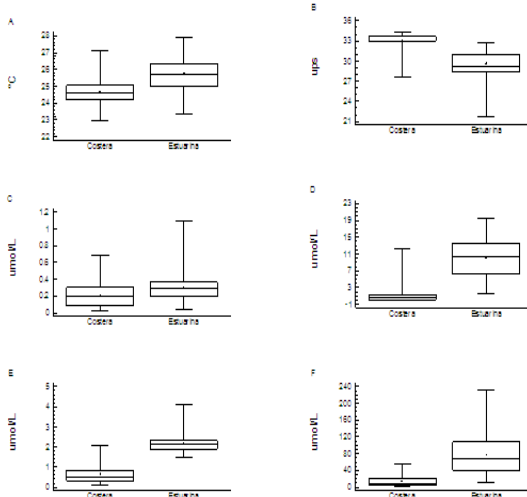


Figura 2. Diagramas de cajas y bigotes con la variabilidad zonal de las condiciones hidrográficas de Guayas en la temporada seca del 2012

Se identificaron 182 especies con 83% de diatomeas, 15% de dinoflagelados y el resto con misceláneos (cianobacterias y silicoflagelados). La estructura comunitaria mostró diferencias estacionales con mayor abundancia pero menor



diversidad y equitatividad en la misma. En zonas estuarinas la turbulencia y menor incidencia de luz provocan estrés que favorece especies oportunistas (Figura 3).

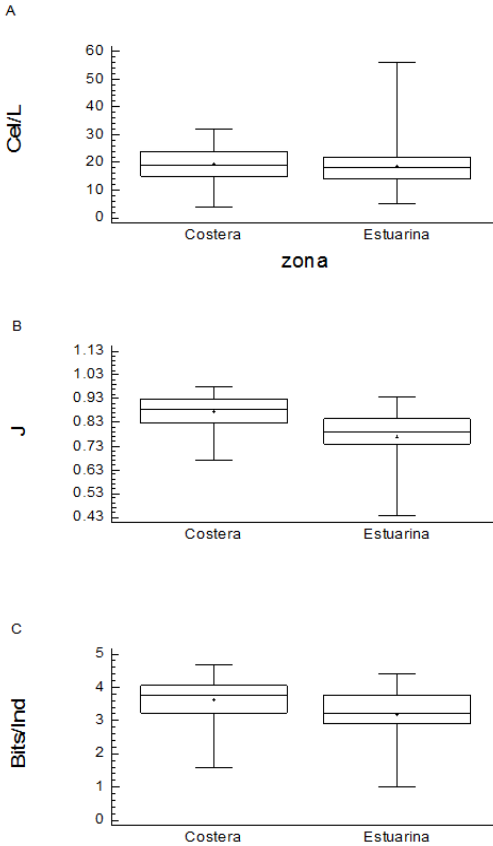


Figura 3. Diagramas de cajas y bigotes con los análisis de biodiversidad de la provincia del Guayas en la temporada seca del 2012

El Análisis de Correspondencia Canónica muestra que el silicato es indicador de la influencia del Golfo de Guayaquil en ambas zonas. Las especies predominantes en la zona estuarina son Halotolerantes como *Paralia sulcata*, *Skeletonema costatum* y *Thalassionema frauenfeldii*, mientras que en la zona costera predominan especies de alto requerimiento de nutrientes como *Nitzschia longissima*, *Leptocylindrus danicus* y *Guinardia striata* (Figura 4).



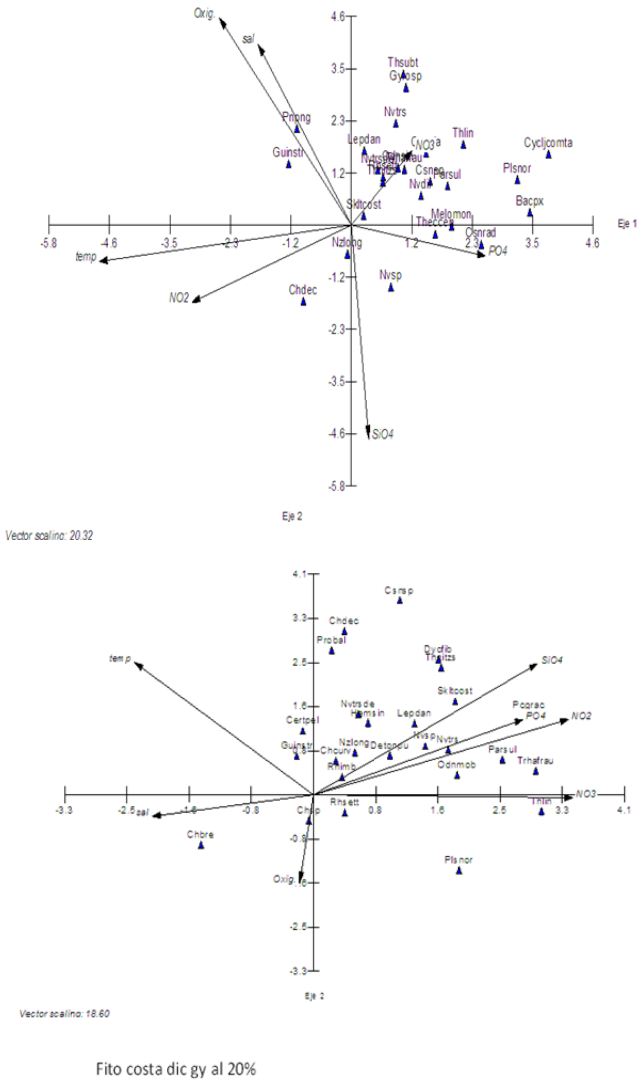


Figura 4. Proyección ortogonal de los dos primeros componentes del Análisis de Correspondientes a la zona costera y estuarina de Guayas durante la temporada seca del 2012.

El mds Anosim mostró diferencias significativas de la estructura comunitaria de las dos zonas y las especies indicadoras (Simper) son las que se obtuvieron en el ACC (Figura 5).



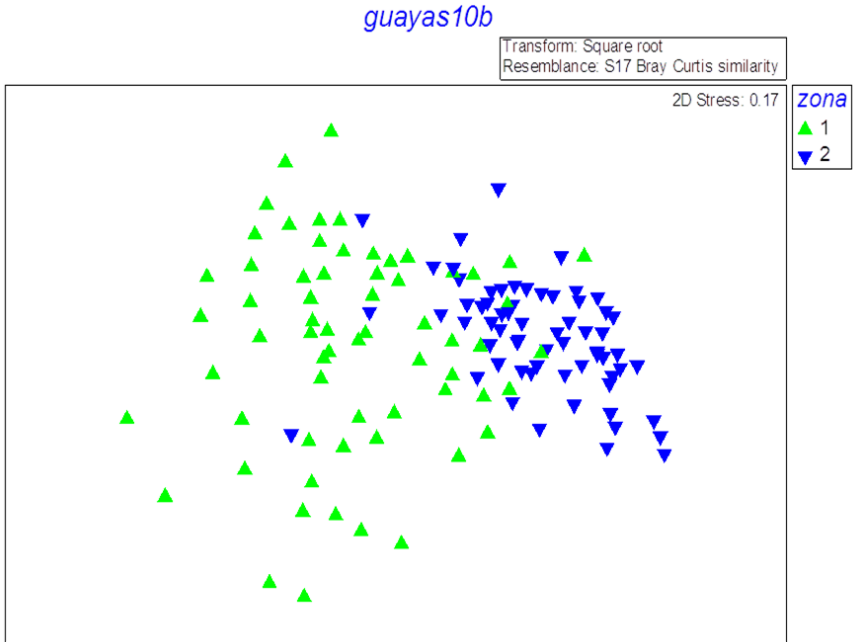


Figura 5. MDS de la estructura comunitaria en la provincia de Guayas durante la temporada seca del 2012.

Conclusiones

La relación de variables hidrográficas del ACC sugiere la fuerte influencia de la salinidad y silicato en ambas localidades. Esto evidencia la influencia en la zona costera de la descarga de ríos que es importante en la costa ecuatoriana. En ese sentido, Caddy (2010) señala que los aportes de nutrientes que llevan los ríos a la costa en el caso de estuarios, son un aporte a la productividad primaria y como consecuencia, apoyan la transferencia de energía a la trama trófica y aportan a la riqueza pesquera.

Referencias

Boyer, J., Fourqrean, J., Jones, R.1997.Spatial characterization of water quality in Florida Bay and Whitewater Bay by multivariate analyses: Zones of similar influence. Estuaries 20, 743-758.



- Buck, C., F. Wilkerson, A. Parker, R. Dugdale. 2014. The Influence of Coastal Nutrients on Phytoplankton Productivity in a Shallow Low Inflow Estuary, Drakes Estero. Estuaries and Coasts. 37:847-863. California (USA)
- Caddy, J. F. 2001. A brief overview of catchment basin effects on marine fisheries, p. 355-370. In N. N. Rabalais and R. E. Turner (eds.), Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies 58. American Geophysical Union, Washington, D.C.
- Cajas, C. de, L., D. Coello, C. Domínguez. 1998. Comunidades del Fitoplancton y Zooplancton en el Estuario Interior del Golfo de Guayaquil, durante 1994-1996. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador: 261-284.
- Chiriguaya, J., L. Burgos. 1990. Variaciones verticales y su relación con algunos parámetros físico-químicos en una estación fija en el área externa del Golfo de Guayaquil Acta Oceanográfica del Pacífico. 6(1):31-40.
- Clarke, K.R. & Green, R.H., 1988. Statistical design and analysis for a 'biological effects' study. Marine Ecology Progress Series 46, 213-226.
- Clarke, K. R., and Warwick, R. M. 2001. Changes in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation, 2nd edn. PRIMER-E, Plymouth.
- Cloern, J., A. Jassby. 2010. Patterns and scales of phytoplankton variability in Estuarine-Coastal Ecosystems. Estuaries and Coasts 33:230-241.
- Coello, D., Prado, M., Cajas, J., Cajas de L. 2010. Variabilidad del plancton en estaciones fijas frente a la costa ecuatoriana. Revista de Ciencias del Mar y Limnología. 4(2):23-43.
- Costa, I., V. Huszar, A. Ovalle. 2009. Phytoplankton Functional Groups in a Tropical Estuary: Hydrological Control and Nutrient Limitation. Estuaries and Coasts. 32:508-521.
- Day, J., Ch. Hall, M. Kemp, A. Yañez-Arancibia. 1989. Estuarine Ecology. John Wiley & Sons. N.Y. 558 pp.
- Duarte, P., M. Macedo, L. Cancela da Fonseca. 2006. The relationship between phytoplankton diversity and community function in a coastal lagoon. Hydrobiologia (2006) 555:3-18.
- Gualancañay, E., M. E. Tapia, C. Naranjo. 2003. Composición y variación estacional del fitoplancton, zooplancton y microbentos, en el estuario interior del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanogr. del Pacífico 12(1):103-128.
- Hasle, S. 1978. The inverted microscope method. In Sournia (Ed.) Phytoplankton manual. SCOR-Unesco. 337 pp.
- Jiménez, R. 2008. Aspectos biológicos de El Niño en el Océano Pacífico Ecuatorial. Ed. Universidad de Guayaquil. 329 pp.
- Jiménez, R. y D. Bonilla. 1980. Composición y distribución de la biomasa del plancton en el Frente Ecuatorial. Acta Oceanogr. del Pacífico. 1(1):19-64.
- Jiménez R., 1983. Diatomeas y Silicoflagelados del fitoplancton del Golfo de Guayaquil. Acta Oceanográfica del Pacífico (INOCAR), Ecuador, 2(2): 193-282.
- Johnson, R., D. Wichern. 1992. Applied multivariate statistical analysis. Prentice-Hall Int. 3th ed. 642 pp.
- Krebs C. 1999. Ecological methodology. Benjamin/Cumming. California, USA. 619 pp.
- Legendre, P., Legendre, L., 1998. Numerical Ecology. Elsevier, Amsterdam, 853 pp.
- Liannngmin, H., J. Weijun, S. Xingyu, H. Xiaoping, L. Sheng, Q. Peiyuan, Y. Kedong. W. Madeline. 2004. Species diversity and distribution for phytoplankton of the Pearl River estuary during rainy and dry seasons. Marine Pollution Bulletin 49: 588-596



- Lehman, P. 2000. The influence of climate change on phytoplankton community biomass in San Francisco Bay Estuary. *Limnol & Oceanogr.* 45(3):580-590.
- Lehodey, P. 2001. The pelagic ecosystem of the tropical Pacific Ocean: dynamic spatial modelling and biological consequences of ENSO. *Progress in Oceanography.* 49:439-468.
- Macías, P. 1999. Condiciones hidroquímicas frente al Ecuador en el período 1995-1999. *boletín especial INP (Ecuador).* 39-71.
- Malone, L., Crocker, S. Pike, S. Wendler, W. 1988. Influences of river flow on the dynamics of phytoplankton production in a partially stratified estuary. *Marine Ecology Progress Series.* 48:235-249.
- Muyllaert, K., K., Sabbe, W. Vyverman. 2009. Changes in phytoplankton diversity and community composition along the salinity gradient of the Shelde estuary (Belgium/The Netherlands). *Estuarine, Coastal Science.* 82:335-340.
- Mc Quoid, M. & K. Nordberg. 2003. The diatom *Paralia sulcata* as an environmental indicator species in coastal sediments *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56: 339-354.
- Nixon, S., B. Buckley. 2002. A Strikingly Rich Zone - Nutrient Enrichment and Production in Coastal Marine Ecosystems. *Estuaries.* 25(4): 782:796.
- Okuda, T., R. Trejos, M. Valencia, A. Rodriguez. 1983. Variación estacional de la posición del frente ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas. *Acta Oceanográfica del Pacífico.* 2(1):53-84.
- Paerl, H., N., Hall, B. Peierls, K. Rossignol, A. Joyner. 2014. *Estuaries and Coasts* (2014) 37 (Suppl 1):S31-S45.
- Paul, J., E. Nagappa-Ramaiah, E. Mangesh-Gauns. V. Fernandez. 2007. Preponderance of a few diatom species among the highly diverse microphytoplankton assemblages in the Bay of Bengal. *Mar. Biol.* 152:63-75.
- Parsons, T., Maita, Y, Lally, C 1984. A manual of chemical and biological methods of seawater analysis. Pergamon Press. Oxford. 173 pp.
- Pesantes F., 1998. Algunas características geográficas y oceanográficas del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil y sus afluentes Daule y Babahoyo, durante 1994-1996. Instituto Nacional de Pesca, Guayaquil, Ecuador : 5-15.
- Tapia, M. 2002. Estudio de las comunidades del fitoplancton en los ríos Daule, Guayas, y Estero Salado. *Acta Oceanográfica del Pacífico.* 11(1):79-90.
- ter Braak, C.J. 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167-1179.
- Torres, G. G. Calderón, V. Franco, E. Cedeño, T, Calderón, E. Salazar. 2003. Composición del plancton en la Puntilla Santa Elena, durante agosto del 2002 (Ecuador). *12 (1):63-73.*
- Whitfield, A., M. Elliot, A. Basset, S. Blaber, R. West. 2012. Paradigms in estuarine ecology – A Review of the Remane diagram with a suggested revised model for estuaries. 97:78-90.
- Xuelu, G. J. Song. 2005. Phytoplankton distributions and their relationship with the environment in the Changjiang Estuary, China. *Marine Pollution Bulletin* 50: 327-335
- Zar, J. 1996. *Biostatistical Analysis.* Prentice Hall. 662 pp.



Caracterización histológica de las gónadas de hembras de *Anadara tuberculosa* de la localidad de Bajo Alto, Provincia de El Oro, Ecuador

Mairin Lemus^{1,2}, Victor Gonzalez¹, Dwight Arrieche³, Kyung Chung⁴

¹Unidad de Ciencias Química y de la Salud, Universidad Técnica de Machala

²Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Venezuela.

³Instituto de Biomedicina y Ciencias Aplicadas, Universidad de Oriente, Venezuela.

⁴Departamento de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela.

E-mail: mlemus88@gmail.com

Resumen

La concha prieta, *Anadara tuberculosa*, es un bivalvo de gran abundancia y comercialización en la provincia de El Oro, que se obtiene a través de la pesca artesanal durante todo el año, sin embargo las capturas han disminuido significativamente en los últimos años y poco se conoce sobre el desarrollo gonadal de la especie en las costas del Ecuador, particularmente los estadios de maduración gonadal. Se presentan los resultados parciales de los análisis histológicos de gónadas de hembras de *A. tuberculosa* capturados en la localidad de Bajo Alto. A los ejemplares se les determinó la condición reproductiva. Los tejidos gonadales de 80 ejemplares fueron disectados y colocados en formalina tamponada al 10%. Se realizaron análisis macroscópicos y microscópicos, determinándose que durante el período de septiembre a diciembre del 2014 el 72% de los ejemplares hembras se encontraron en los estadios madurez inicial (vitelogénico) y maduras, de acuerdo a las evaluaciones macroscópicas propuestas para los estadios reproductivos en la especie, señalados por Lucero-Rincon *et al.*, (2013). El 28% de los ejemplares se encontraron en: etapa de reposo, pre-vitelogénica y desovadas, pudiéndose inferir que la especie puede presentar una reproducción continua, tal como lo han sugerido en otros estudios de la especie en Pacífico colombiano, sin embargo su ciclo reproductivo se definirá una vez comparados los análisis durante un año de este estudio.

Palabras clave

Ciclo reproductivo, histología, bivalvo.



Introducción

La concha prieta o concha negra *A. tuberculosa*, es un bivalvo que vive casi completamente enterrado en sedimentos, desde la zona intermareal, particularmente en los ecosistemas de manglares, hasta unos 5 metros de profundidad (Cruz y Jiménez, 1994). *A. tuberculosa* es uno de los moluscos más importantes a lo largo de la costa del Pacífico de América Latina, que abarca la región del Pacífico Oriental con una extensión de su área de distribución de aproximadamente 6.350 km, desde Laguna Ballena, Baja California Sur, en México, hasta Bahía de Tumbes en Perú (Cruz y Jiménez, 1994; Mackenzie 2001).

Las concha negra es el bivalvo del género *Anadara* más abundante y uno de los moluscos con mayor importancia comercial en la costa del Pacífico, particularmente el Ecuador es uno de los países con el mayor número de pescadores de concha negra en América Latina (Mackenzie 2001), por lo que representa un recurso importante para los pobladores de las regiones aledañas a las zonas costeras.

Flores (2010), señala que a pesar de que se ha mantenido una extracción constante de este bivalvo desde el 2004 hasta el 2008, existe un descenso en las capturas, disminuyendo de 26 millones de conchas desembarcadas en el 2004 hasta 18.5 millones en el 2008, lo que se traduce en una baja significativa de extracción del recurso.

Los estudios sobre reproducción señalan que la especie tiene un desarrollo continuo al igual que la mayoría de los bivalvos de las zonas tropicales. No obstante se han descrito dos períodos de reproducción en el Caribe colombiano uno que se extiende desde noviembre hasta febrero (Borda y Cruz 2004) y otro que ocurre en julio-agosto (Lucero-Rincón *et al.*, 2013). En el Ecuador su reproducción parece tener un período de máxima actividad gonadal durante el período noviembre- febrero (Ayala *et al.*, 2013; Flores *et al.*, 2014).

En el presente trabajo se realiza un análisis macroscópico y microscópico de las gónadas de hembras de *Anadara tuberculosa* de la localidad de Bajo Alto, Provincia de El Oro.

Materiales y métodos

Captura de ejemplares

Se obtuvieron 80 ejemplares hembras de *Anadara tuberculosa* en el sustrato de las raíces de los mangles de la localidad de Bajo Alto colectados por los pescadores artesanales durante el período septiembre-diciembre del año 2014. Los organismos fueron transportados al laboratorio y fijados en formol al 10% en agua de mar. Para el análisis histológico se obtuvo una porción de tejido de la región dorsal, donde está situada la gónada.



Índice de condición

Se determinó el índice de condición IC) y se calculó considerando el peso fresco de la carne en relación con el peso total (Cruz & Palacios 1983). Este índice se considera como una medida cuantitativa que se puede estimar fácil y objetivamente y refleja la actividad fisiológica del organismo en diferentes condiciones ambientales y más comúnmente es conocido como rendimiento en carne.

Análisis histológico

Las muestras de gónadas se deshidrataron en una batería creciente de etanol y se incluyeron en parafina. Se realizaron cortes de 7 µm de grosor y fueron teñidos con hematoxilina-eosina. Finalmente, los cortes se deshidrataron con etanol, se aclararon con xileno y el montaje definitivo se hizo con resina sintética.

La caracterización macroscópica de las fases de desarrollo gonadal se realizó de acuerdo al criterio definido por Lucero-Rincon *et al.*, (2013), quienes establecen cinco fases: reposo, inmadura, madurez inicial, madurez y desove y se determinó la frecuencia relativa mensual de cada una de ellas.

Tabla 1. Clasificación de madurez gonádica en *Anadara tuberculosa*, características macroscópicas y microscópicas de gónadas de hembras de *Anadara tuberculosa*. Descripciones modificadas de Lucero-Rincon *et al.*, 2013.

| | Característica macroscópica | Proceso | Características microscópicas |
|-----------------|---|---|---|
| Reposo | Glándula no visible | Indiferenciación | Ausencia de gametos |
| Inmadura | Presentan un color naranja claro, volumen menor de 50% de la masa visceral | Previtelogénesis, gametogénesis inicial | Folículos ováricos con mucha luz en el interior, oogonias sin núcleo, oocitos primarios con núcleo poco definidos y oocitos secundarios piriformes |
| Madurez inicial | Glándula más abundante y de color naranja, más del 50% de la masa visceral | Vitelogénesis, gametogénesis avanzada | Folículos ováricos abundantes, Algunas células con divisiones mitóticas, oocitos secundarios y piriformes adheridos a la pared folicular y óvulos con núcleo, nucléolo y membrana nuclear |
| Desarrollo | Glándula se extiende por toda la superficie ventral y dorsal hasta el musculo aductor anterior y posterior hasta el límite con el músculo. Ocupa el 80% de la masa visceral | Madurez | Folículos ováricos muy abundantes y poca luz, con óvulos abundantes en su interior. Ovulos con núcleo central bien definido y nucléolo periférico |
| Desove | Similar al estado de desarrollo, flácida y con manchas color marrón y rojas | Desove/emisión de gametos | Folículos con pocas células sexuales, gránulos de secreción color marrón |



Resultados y discusión

Se presentan los resultados preliminares del análisis de 80 ejemplares hembras de *A tuberculosa* con una talla promedio de $4,87 \pm 0,72$ cm a las cuales se le evaluó el desarrollo gonadal de acuerdo la clasificación propuesta por Lucero-Rincon *et al.*, (2013).

El índice de condición mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo menores los valores en los estadios e inmaduras y desovadas con promedios de $23,62 \pm 5,16$ y $21,80 \pm 5,15$ respectivamente. Para los estadios de madurez inicial fue de $28,11 \pm 3,23$ y maduras de $30,20 \pm 3,67$. El índice mostrado en la presente investigación es superior al señalado por Lucero-Rincon *et al.*, (2013), quienes encontraron un valor promedio anual de $21,91\% \pm 7,44\%$ en el Pacífico colombiano y en cuatro de las 5 localidades estudiadas el índice se correlacionó con la madurez gonadal, sin embargo aún no se puede estimar si existe relación entre ambos índices en el presente trabajo debido a que solo es el resultado de 4 meses de estudio.

De acuerdo a las características macroscópicas el 72% de los organismos se encontraron en la etapa de madurez inicial y desarrollo, donde las gónadas presentaron un color naranja y su intensidad estaba relacionada con una mayor madurez. El resto de los organismos se encontraron en la fase de inmaduras y desovada.

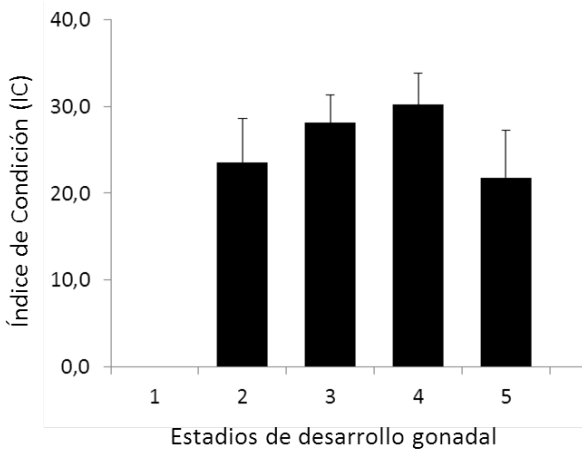


Figura 1. Índice de condición de hembras de *Anadara tuberculosa* en los 5 estadios de desarrollo gonadal durante el período septiembre-diciembre 2014 en la localidad de Bajo Alto. 1. Reposo, 2 inmadura, 3 Madurez inicial, 4 Desarrollo, 5 desove



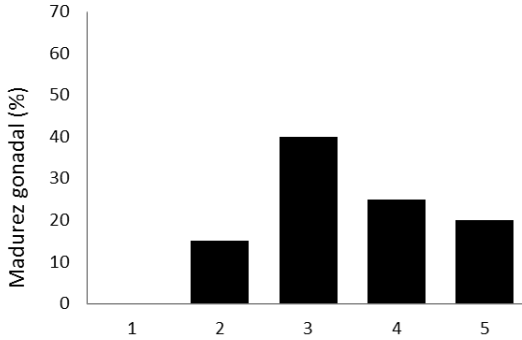


Figura 2. Porcentaje de madurez en hembras de *Anadara tuberculosa* durante el período septiembre-diciembre 2014 en la localidad de Bajo Alto. 1. Reposo, 2 inmadura, 3 Madurez inicial, 4 Desarrollo, 5 desove

Los resultados obtenidos en este estudio preliminar, demuestran que los organismos analizados se encuentran en actividad reproductiva, particularmente en los procesos vitelogenicos y madurez final de los ovocitos tal como se evidencia en los cortes histológicos (Figura 1), donde se visualiza los folículos con ovocitos maduros y núcleo bien definidos y en menor grado, algunos aún no tan desarrollados. Estos resultados concuerdan con los períodos reproductivos señalados para esta especie en las costas del

Ecuador (Ayala *et al.*, 2013; Flores *et al.*, 2014). Pudiendo suponer que estos meses se corresponden con un período de máxima maduración.

En el Caribe colombiano se han determinado dos períodos de máximo desarrollo gonadal a saber son, junio-agosto y diciembre-marzo (Lucero-Rincón *et al.*, 2013), sin embargo los autores señalan que el organismo se reproduce durante todo el año, con intensidades mayores en dos períodos.

Este estudio histológico, es el primer reporte sobre desarrollo gonadal de esta especie en el Ecuador, los análisis histológicos macroscópicos y microscópicos no determinaron hermafroditismo en la especie, pero para esta especie se ha señalado casos de hermafroditismo (Lucero-Rincón *et al.*, 2013). Los autores señalan un 3% de hermafroditismo, considerado protándrico, debido a las diferencias en proporción sexual entre hembras y machos (2,46:1) y a la diferencia de tallas entre sexos.

El desarrollo gonadal continuo de bivalvos en un comportamiento común en los bivalvos de las zonas tropicales y la variación de los parámetros ambientales, particularmente la temperatura y la producción primaria suelen determinar períodos reproductivos.



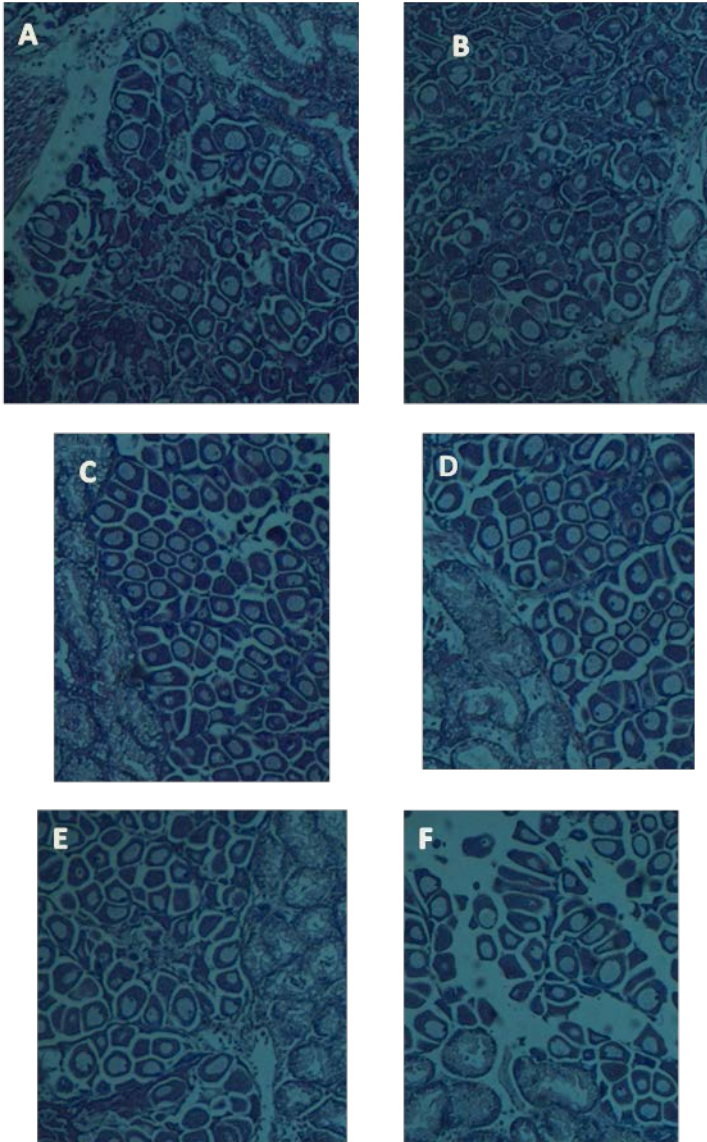


Figura 3.- Cortes histológicos de gónadas de hembras de *Anadara tuberculosa*, proveniente de la localidad de Bajo-alto, Provincia del Oro, Ecuador. En los cortes A-B se observa folículos ováricos muy abundantes, con poca luz y óvulos con núcleo central y otros sin núcleo(ovogonias). C-D Ovocitos con núcleos más grandes y adosados aún a la membrana folicular. E-F Folículos ováricos con mayor luz y ovocitos dispersos.



Conclusiones

Los resultados mostraron que durante el período de estudio se encontraron ejemplares de *A. tuberculosa* en todos los estadios reproductivo a excepción de reposo, lo que podría sugerir que la especie presenta un desarrollo gonadal asincrónico y se reproduce durante todo el año y posiblemente los meses de estudio pudieran ser un periodo de elevada actividad reproductiva.

Agradecimientos

Al Programa PROMETEO de la SENESCYT (Secretaría de Educación Superior, Ciencia y Tecnología, Ecuador.) por la oportunidad brindada para el desarrollo del presente Proyecto.

Referencias

- Ayala Montaña, A. 2013. Patrones reproductivos de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el Archipiélago de Jambelí. Doctoral dissertation, Universidad de Guayaquil.
- Baqueiro, C. E., Muciño, M., & Merino, R. 1982. Análisis de una población de pata de mula *Anadara tuberculosa* sujeta a explotación intensiva en la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Ciencia Pesquera, 3:75-82.
- Borda, C. A., & Cruz, R. 2004. Reproducción y reclutamiento del molusco *Anadara tuberculosa* (Sowerby, 1833) en el Pacífico colombiano. Revista de Investigaciones Marinas, 25(3):185-195.
- Cruz Soto, R. A., & Ramón, J. 1994. Moluscos asociados a las áreas de manglar de la costa pacífica de América Central; guía, [Molluscs associated to the Central America pacific coast mangroves areas; guide]. Heredia (Costa Rica). EFUNA. 1994. 182 p.
- Cruz-Soto, R. A. 1984. Algunos aspectos de la reproducción en *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) de Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Reproduction in *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) in Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 32(1):45-50.
- Cruz-Soto, R. A., & Palacios-Villegas, J. A. 1983. Biometría del molusco *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) en Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Biometrics of the mollusc *Anadara tuberculosa* (Pelecypoda: Arcidae) in Punta Morales, Puntarenas, Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 31(2):175-179.
- Flores, L., & Lincadeo, R. 2010. Size composition and sex ratio of *Anadara tuberculosa* and *Anadara similis* in a mangrove reserve from the northwest of Ecuador. Revista de Biología Marina y Oceanografía, 45(3):541-546.
- Flores, L., Licandeo, R., Cubillos, L. A., & Mora, E. 2014. Variaciones en la historia de vida de *Anadara tuberculosa* (Mollusca: Bivalvia) en el ecosistema de manglar de la costa Sur de Ecuador. Revista de Biología Tropical, 62(2):473-482.
- García-Domínguez, F. A., Haro-Hernández, D., García-Cuellar, Á., Villalejo-Fuerte, M., & Rodríguez-Astudillo, S. 2008. Ciclo reproductivo de *Anadara tuberculosa*



- (Sowerby, 1833) (Arcidae) en Bahía Magdalena, México. Revista de biología marina y oceanografía, 43(1):143-152.
- Lucero-Rincón, C. H., Cantera, J. R., Gil-Agudelo, D. L., Muñoz, O., Zapata, L. A., Cortes, N., & Manjarres, A. 2013. Análisis espacio temporal de la biología reproductiva y el reclutamiento del molusco bivalvo *Anadara tuberculosa* en la costa del Pacífico colombiano. Revista de biología marina y oceanografía, 48(2):321-334.
- MacKenzie Jr, C. L. 2001. The fisheries for mangrove cockles, *Anadara* spp., from Mexico to Peru, with descriptions of their habitats and biology, the fishermen's lives, and the effects of shrimp farming. Marine Fisheries Review, 63(1):1-39.
- Pérez Medina, D. R. 2005. Biología reproductiva de *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) en el estero Santo Domingo, BCS, México (Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.



Dinámica temporal y espacial de la comunidad íctica y megabentónica en playas arenosas en relación a parámetros indicadores de aportes fluviales

Antonio Herrera¹, David Bone²

¹Proyecto Prometeo-SENESCYT, Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador; Coordinación de Investigación, Dirección de Investigación y Postgrado, Universidad Marítima Del Caribe, Caracas, Venezuela.

²Departamento Biología de Organismos, División de Ciencias Biológicas, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

E-mail: anheni@espol.edu.ec, anheni@gmail.com

Resumen

Con la finalidad de evaluar el efecto relacionado con aportes fluviales de la temporalidad (Lluvia; Sequía) y la localidad (cercana a desembocadura de río; marinas) en cambios de la comunidad íctica y megabentónica, se evaluaron las playas arenosas desde los canales de Río Chico hasta la población de Carenero, en la zona central de Venezuela, estado Miranda, en donde desembocan el río Tuy, el Capaya y el Curiepe. Se establecieron 8 estaciones de muestreo a lo largo de esta franja, y en cada una de ellas se realizaron dos lances con una red de playa, en un único muestreo en los siguientes meses: octubre y noviembre de 2000, febrero y mayo de 2001. Los organismos provenientes tanto de la comunidad íctica como del megabentó fueron preservados en formol e identificados taxonómicamente. Se presentaron diferencias significativas en la composición de especies en cuanto a la temporalidad, la localidad, e interacción entre la temporalidad y la localidad (PERMANOVA; $p < 0,05$). El diagrama de ordenación por Correspondencia Canónica mostró esta diferencia en cuanto a la temporalidad, y un gradiente en cuanto a estaciones cercanas a desembocaduras y marinas. En el período de lluvia, los cambios en la comunidad íctica y megabentónica se modularon espacialmente por cambios en cuanto a turbidez, pH y salinidad, mientras que en período de sequía el nitrógeno y fósforo total, el oxígeno disuelto y la abundancia del macrobentó fueron los factores que mayor influyeron en los cambios espaciales de la comunidad. Las especies con mayor peso en el gradiente de ordenación fueron *Arius herzbergii* y *Pennaes*



brasiliensis. Se concluye que factores ambientales relacionados con aportes de ríos, modulan los cambios temporales y espaciales de las comunidades megabentónicas e íctica asociadas a estas playas arenosas, y que los gradientes espaciales de dichas comunidades son manejados por la temporalidad (lluvia, sequía).

Introducción

La productividad de los ecosistemas costeros se estima en un 30 % de la productividad primaria total neta oceánica, y en consecuencia en dichos ambientes se captura entre el 70 y 90 % de la pesca comercial a nivel mundial (Holligan y Reiners, 1992; PNUMA, 2002; 2003). Esta alta productividad está relacionada con las entradas de nutrientes provenientes de la zona continental y descargas al mar a través de ríos, aguas de escorrentías, además de procesos de surgencia, intercambio en la orilla de la plataforma continental y el aporte atmosférico. Consecuentemente, los ríos son moduladores de los procesos en los ecosistemas costeros donde desembocan (Bierman y col., 1994; Pakulski y col., 1995; PNUMA y GPA, 2001; PNUMA, 2003).

En el caso particular de los ecosistemas de playas arenosas, se ha probado que las comunidades bentónicas responden a factores ambientales relacionados con el sedimento, el morfodinamismo, el oleaje y los aporte fluviales (Herrera, 2007; Herrera y Bone, 2011). En relación a la comunidad íctica, a pesar que existe una extensa literatura científica en cuanto a su estudio en playas arenosas, son muy pocos los que la relacionan con factores ambientales que caracterizan a dichos ecosistemas, en particular con indicadores de aporte fluvial, y la abundancia de la macrofauna bentónica. El objetivo del presente trabajo fue el de evaluar el efecto relacionado con aportes fluviales en cambios de la comunidad íctica y megabentónica, en playas arenosas en la zona central de Venezuela, estado Miranda, en donde desembocan el río Tuy, el Capaya y el Curiepe.

Materiales y métodos

Ubicación del área de estudio

La zona costera evaluada se ubica en la zona central de Venezuela, y abarcó unos 23,53 km de franja costera, desde la playa de los canales de Río Chico (10° 21' 34" N, 65° 57' 11" O) hasta la población de Carenero (10° 30' 57" N, 66° 06' 06,54" O), y desde la punta de cabo Codera hasta el extremo suroeste de la costa, unos 10 Km, lo que da un área aproximada de 235 km². Dicha costa está conformada por una gran extensión de playas arenosas con un oleaje que se va disipando en una amplia zona de rompiente. En esta franja desembocan tanto el río Tuy como 2 ríos de menor importancia (el Capaya y el Curiepe).



Diseño de muestreo

Se establecieron 8 estaciones de muestreo a lo largo de esta franja (Figura 1), y con la finalidad de incluir la época del año en donde se presenta el pico de lluvia y los meses de mayor sequía, en cada una de ellas se muestreó en octubre y noviembre de 2000, y en febrero y mayo de 2001.

Variables ambientales

Durante las campañas de campo se midieron los siguientes parámetros ambientales: temperatura superficial del agua (°C), salinidad (‰), conductividad (µSm), concentración de oxígeno disuelto (mg/l), porcentaje de oxígeno disuelto y el pH. Para ello se utilizó una sonda multiparamétrica marca Hydrolab (modelo DS4). Adicionalmente se tomaron muestras de agua en botellas de plástico de 1 l. para analizar las concentraciones de nitrógeno (método macro-Kjeldahl, sección 4500-Norg-B, en APHA, AWWA, WEF, 1995) y fósforo total (método de ácido ascórbico, sección 4500-P-E, en APHA, AWWA, WEF, 1995).

Variables biológicas

Para la evaluación de la comunidad íctica y megabentónica, en cada estación se realizaron dos lances con una red de playa. Los organismos colectados pertenecientes tanto de la comunidad íctica como del megabentó fueron preservados en formol e identificados taxonómicamente.

Para estimar la abundancia total de la macrofauna bentónica asociada a las playas arenosas (variable moduladora de la comunidad íctica y megabentónica), se colectaron seis cilindros (0.1 m²) con muestras de arena en cada una de las ocho estaciones. Las muestras fueron conservadas en una solución de formalina del 10 %, y posteriormente lavadas por un tamiz de 0,5 mm de apertura de malla para retener la macrofauna. La abundancia fue medida como el número de individuos colectados en los seis cilindros en cada una de las estaciones y campañas de muestreo realizadas.

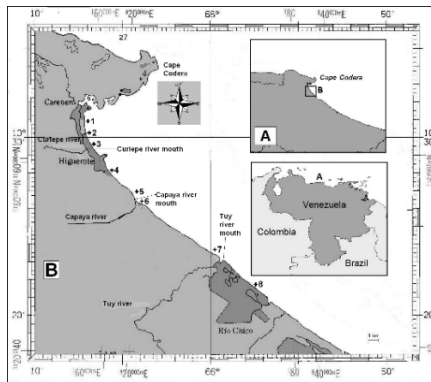


Figura 1. Ubicación de las estaciones a lo largo de la zona costera



Análisis estadísticos

Para la evaluación de los gradientes espaciales (estaciones en la zona costera evaluada) y temporales (Período de lluvia y sequía) de la ictiofauna y el megabentos y su relación con los gradientes de las variables ambientales de la columna de agua y abundancia total de la macrofauna bentónica, se aplicó el análisis de Correspondencia Canónica (Ter Braak, 1986) mediante el programa CANOCO Versión 4.5. Para probar las diferencias significativas entre los grupos espaciales y temporales mostrado por el análisis de Correspondencia Canónica, la abundancia de cada especie fue transformada al $\ln(X+1)$ y estandarizada, y posteriormente se utilizó un análisis Multivariado de Varianza mediante permutaciones basados en índices de disimilaridad de Bray-Curtis (PERMANOVA, Anderson 2005).

Resultados

El diagrama de ordenación por Correspondencia Canónica mostró diferencia en cuanto a la temporalidad, y un gradiente en cuanto a estaciones cercanas a desembocaduras y marinas (Figura 2); el primer eje explica el 22,94 % de la variabilidad, mientras que el segundo eje del diagrama explica el 14,52 % de la variabilidad. Para la relación entre la composición de especies-variables ambientales, en el primer eje contribuyó en forma significativa ($p < 0,05$; R^2 : 0,97) la salinidad (Sal), el Nitrógeno Total (NT) y la Turbidez (TURB); en el segundo eje de ordenación ($p < 0,05$; R^2 : 0,92) contribuyeron en forma significativa la abundancia total de la macrofauna bentónica (ABBENTO), el pH y la Salinidad.

En el período de lluvia, los cambios en la comunidad íctica y megabentónica se modularon espacialmente por cambios en cuanto a turbidez, pH y salinidad, mientras que en período de sequía el nitrógeno y fósforo total, el oxígeno disuelto y la abundancia del macrobento fueron los factores que mayor influyeron en los cambios espaciales de la comunidad. Las especies con mayor peso en el gradiente de ordenación fueron *Arius herzbergii* y *Pennaeus brasiliensis* (Tabla I). Se probó diferencias significativas en la composición de especies en cuanto a la temporalidad, la localidad, e interacción entre la temporalidad y la localidad (PERMANOVA; $p < 0,05$).



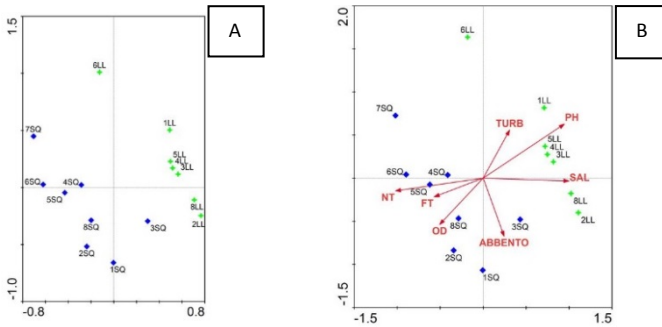


Figura 2. Diagrama de ordenación por Correspondencia Canónica. A: Ordenación de estaciones por temporalidad; B: Relación entre estaciones y variables ambientales. El número indica la estación; LL: período de lluvia; SQ: período de Sequía. Variables Ambientales: ABBENTO, abundancia total macrofauna bentónica; FT, Fósforo Total; NT, Nitrógeno Total; OD, Concentración Oxígeno Disuelto; TURB, Turbidez.

TABLA I. Peso en el análisis de Correspondencia Canónica para los dos primeros ejes de ordenación.

| Especies | Peso |
|----------------------------------|-------|
| <i>Anchoa spínifer</i> | 8,06 |
| <i>Arenaeus cribarius</i> | 14,81 |
| <i>Arius herzbergii</i> | 32,12 |
| <i>C. exasperatus (jaiba)</i> | 7,27 |
| <i>Callinectes danae (jaiba)</i> | 19,04 |
| <i>Caranx hipox</i> | 9,86 |
| <i>Centropomus undecimalis</i> | 12,54 |
| <i>Chloroscombus chrysurus</i> | 2,48 |
| <i>Coleoptropis blackburni</i> | 5,08 |
| <i>Conodon nobilis</i> | 3,87 |
| <i>Diapterus rhombeus</i> | 2,77 |
| <i>Eugerres plumieri</i> | 5,26 |
| <i>Isopisthus parvipinnis</i> | 7,05 |
| <i>Menticirrus littoralis</i> | 15,80 |
| <i>Mugil curena</i> | 3,40 |
| <i>Mugil liza</i> | 5,24 |
| <i>Penaeus brasiliensis</i> | 20,34 |
| <i>Polydactylus virginicus</i> | 10,28 |
| <i>Selene vomer</i> | 2,08 |
| <i>Spheroides testudineus</i> | 6,36 |
| <i>Trachinotus carolinus</i> | 4,68 |
| <i>Trachinotus falcatus</i> | 13,49 |
| <i>Trachinotus goodei</i> | 13,96 |
| <i>Umbrino coroides</i> | 3,87 |



Discusión

Se ha demostrado que los aportes fluviales modulan los procesos costeros en cuanto a material sedimentario, nutrientes, salinidad y sus efectos sobre las comunidades biológicas, tanto de la columna de agua como el sedimento, conformando gradientes espaciales en la zona costera impactada por la pluma de un río. Un ejemplo de ello es la pluma del río Mississipi (Golfo de México) la cual es turbia y rica en nutrientes, estando la productividad primaria limitada por la falta de luz en la zona más cercana al delta debido a la turbidez. Más alejado del delta, hay una zona de salinidad intermedia (de 15 a 30 ‰) en la cual las altas cargas de sedimentos suspendidas se han asentado lo suficiente como para dejar penetrar un mayor grado la luz; las altas concentraciones de nutrientes persisten, facilitando una alta tasa de producción fitoplanctónica (5 g C/m²d). La producción primaria se correlaciona en forma significativa con el flujo y concentración de nitratos y nitritos (Lohrenz y col., 1997). La actividad fitoplanctónica y los nutrientes disponibles declinan en los puntos más alejados del delta debido a su disminución por el consumo de estos elementos por parte de organismos de otros niveles de la trama trófica y por sedimentación al fondo de la plataforma marina (Bierman y col., 1994). Otro tipo de gradiente es definido por el río Rhone (en el noroeste del Mediterráneo), cuya pluma está caracterizada por fronteras abruptas y por la estratificación en una estructura de tres hileras: una capa superficial de agua dulce, con un metro de espesor, rica en materia particulada en suspensión y nutrientes disueltos; una subacuática, compuesta por agua de mar pobre en nutrientes, separadas por una capa límite discontinua. La pluma tiene normalmente de 1 a 6 km de longitud, y este río descarga en un margen estrecho de la plataforma (Soto y col., 1993; Bianchi y col., 1994). Otro caso es el río Po, el cual descarga al norte del Mar Adriático. Un patrón de circulación ciclónica provoca que la descarga del río Po y pequeños ríos italianos fluyan hacia el sur a lo largo de la línea costera la mayor parte del año. En verano, sin embargo, el patrón de circulación cambia a una circulación de remolino semi-aislada, produciéndose una intensa estratificación en la descarga del río Po, siendo su pluma empujada hacia el este a través del Mar Adriático (Revelante y Gilmartin, 1992).

En cuanto a ríos mareales tropicales, en el río Orinoco se ha estudiado la estratificación de su pluma, y su influencia en los parámetros físicos y químicos en la columna de agua. Bonilla y col. (1993) estudiaron la estratificación salina, la distribución de nutrientes y las mediciones de productividad primaria en las épocas de sequía (abril 1988) y lluvia (septiembre 1988), a lo largo de 2 transecciones longitudinales, una con orientación noreste-suroeste y otra este-oeste a partir de la desembocadura del Orinoco. Estos autores establecieron que la distribución de la salinidad entre la temporada de sequía y de lluvia es notablemente diferentes; en abril hubo una interface abrupta de agua dulce y de mar dentro del canal de navegación, por lo que la transección noreste-suroeste



nunca encontró agua pura del río (salinidad mínima 8 ppm en marea saliente), mientras que la transección este-oeste, en la zona de navegación, presentó una salinidad mayor de 30 ppm, ya que el gradiente agua dulce-agua salada estuvo centrada cerca de la costa, en la zona no navegable. Por el contrario, en sequía ambas transecciones estuvieron dentro del cilindro de la zona de mezcla de agua dulce con agua salada. En cuanto a los nutrientes, en la transección noreste-suroeste, la concentración de nitrato es baja en la desembocadura y a poca profundidad (2,5 μM), mientras que en estaciones más alejadas, de mayor profundidad, la concentración aumenta desde 1 μM a 80 m de profundidad hasta 22 μM a 300 m de profundidad. En la época de lluvia, la tendencia se mantiene pero aumentan las concentraciones de los nutrientes medidos. El comportamiento de los nutrientes y de la productividad primaria, sugieren que son los procesos de surgencia asociados a la plataforma, junto con el comportamiento del río Orinoco, los que tienen una mayor influencia en la dinámica de ese sistema costero (Bonilla y col., 1993).

A menor escala, una variedad de descriptores comunitarios se han relacionados a parámetros ambientales tales como morfodinámica de la playa, la concentración de materia orgánica y la contribución de los ríos en playas arenosas en Suramérica y España. Incera y col. (2006) establecieron que la pendiente de la playa tiene un marcado efecto en la riqueza de especies, densidad y biomasa de la macrofauna en la zona intermareal en 11 playas en la costa Noroeste de España. Lastra et al. (2006) utilizando un análisis de regresión múltiple, demostraron que el número de especies incrementó significativamente con la proximidad a una zona de surgencia y con el decrecimiento del tamaño del grano, en 14 playas en el Norte de España. La biomasa incrementó significativamente con la disponibilidad de alimento estimado como la concentración de clorofila "a" en la columna de agua en la zona de rompiente. Lercari y Defeo (2006) evaluó la influencia de un gradiente de salinidad producida por el estuario del río de la Plata sobre la riqueza de especies y abundancia de la macrofauna en 16 playas en Uruguay, y mediante la utilización de modelos lineales y no lineales, los autores demostraron que la riqueza de especies incremento con la salinidad. Herrera (2007) y Herrera y Bone (2011) demostraron que la pluma del río Tuy modula el funcionamiento del sistema costero que es evaluado en el presente estudio, mediante el aporte de nutrientes y material sedimentario en el agua, distribuyéndose mediante las corrientes marinas y el transporte litoral. Esto es aprovechado por las poblaciones de *Tivela mactroides*, recurso pesquero a nivel local, presentando altas abundancias y diferenciación en la estructura de tallas a lo largo de la costa, así como otras especies que conforman la macrofauna bentónica asociadas a dichas playas.

La influencia de los parámetros físicos-ambientales indicadores de aportes fluviales sobre la comunidad íctica ha sido evaluada muy poco en playas arenosas. Selleslagh y Amara (2008) analizaron las variaciones temporales en las comunidades de peces y crustáceos en playas arenosas en la costa francesa del Canal De La Mancha, y establecieron mediante un análisis por



Correspondencia Canónica que los parámetros ambientales medidos (marea, temperatura, salinidad, fluorescencia como indicadora de biomasa fitoplanctónica, corriente, oxígeno disuelto, turbidez y pH) explican significativamente ($p < 0,05$) el 32,2 % de la variación de la abundancia en la ictiofauna y los macrocrustáceos: especies como *Crangon crangon*, *Sprattus sprattus*, *Carcinus maenas*, *Syngnathus acus* y *Portunus latipes* fueron más abundantes durante períodos de alta salinidad, mientras que la turbidez afectó negativamente la densidad de *Ammodytes tobianus* y el oxígeno disuelto tuvo un efecto positivo en *C. crangon* y *Pomatoschistus microps*. En otro estudio, Inui y col. (2010) evaluaron la comunidad íctica en 21 playas arenosas en 150 km de costa en el noroeste de la Isla Kyushu, Japón, y establecieron que la ictiofauna estuvo fuertemente correlacionada con la pendiente del fondo marino y la velocidad de la corriente.

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que factores ambientales relacionados con aportes de ríos, modulan los cambios temporales y espaciales de las comunidades megabentónicas e íctica asociadas a estas playas arenosas, y que los gradientes espaciales de dichas comunidades son manejados por la temporalidad (lluvia, sequía). La información generada es relevante para el estudio de la ictiofauna asociada a las playas arenosas, ya que muestra como parámetros ambientales relacionados con aporte fluviales modulan recursos pesqueros de importancia alimenticia para la población humana de dichas localidades.

Referencias

- Anderson, M. 2005. PERMANOVA: Permutational multivariate analysis of variance. A computer program. Department of Statistics, University of Auckland.
- APHA; AWWA; WEF. 1995. Standard Methods for the examination of water and wastewater. Microbiological Examination. Part 9000. 19va edición. Washington D. C., Estados Unidos.
- Bianchi, M.; P. Bonin, A. Feliatra. 1994. Bacterial nitrification and denitrification rates in the Rhone River plume (northwestern Mediterranean Sea). *Marine Ecology Progress Series* 103: 197-202.
- Bierman, V.; S. Hinz; W. Wiseman; N. Rabalais; R. Turner. 1994. A preliminary mass balance model of primary productivity and dissolved oxygen in the Mississippi River plume/inner gulf shelf region. *Estuaries* 17 (4): 886-899.
- Bonilla, J.; W. Señor; J. Bugden; O. Zafiriou; R. Jones. 1993. Seasonal distribution of nutrients and primary productivity on the Eastern Continental Shelf of Venezuela as Influenced by the Orinoco River. *Journal of Geophysical Research* 98 (C2): 2245-2257.
- Herrera, A. 2007. Estudio comparativo de la dinámica y ecología de la fauna bentónica en playas arenosas, y su relación con los procesos costeros. Tesis Doctoral. Universidad Simón Bolívar, Caracas, 222 pp.



- Herrera A. y Bone, D. 2011. Influence of riverine outputs on sandy beaches of Higuerote, central coast of Venezuela. *Latin American Journal of Aquatic Research* 39 (1): 56-70.
- Holligan, P. M.; W. A. Reiners. 1992. Predicting the responses of the coastal zone to global change. *Advance Ecology Research* 22: 211-220.
- Incera, M.; M. Lastra; J. López. 2006. Effect of swash climate and food availability on sandy beach macrofauna along the NW coast of the Iberian Peninsula. *Marine Ecology Progress Series* 314: 25-33.
- Inui R., Nishida T.; Onikura, N.; Eguchi, K.; Kawagishi, M.; Nakatani, M.; Oikawa, S. 2010. Physical factors influencing immature-fish communities in the surf zones of Sandy beaches in northwestern Kyushu Island, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 86(2010): 467-476.
- Lercari, D.; O Defeo. 2006. Large-scale diversity and abundance trends in sandy beach macrofauna along full gradients of salinity and morphodynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68 (1-2): 27-35.
- Lorenz s., g. Fahnenstiel, d. Redalje, g. Lang, x. Chen y m. Dagg. 1997. Variations in primary production of northern Gulf of México continental shelf waters linked to nutrient inputs from the Mississippi River. *Marine Ecology Progress Series* 155: 45-54.
- Pakulski, J.; R. Benner; R. Amon; B. Eadie; T. Whitledge. 1995. Community metabolism and nutrient cycling in the Mississippi River plume: evidence for intense nitrification at intermediate salinities. *Marine Ecology Progress Series* 117: 207-218.
- Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). 2002. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial 2002 GEO-3. Pasado, presente y futuro*. Ediciones Mundi-Prensa. España, xxxiii+425 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el medio ambiente (PNUMA). 2003. *GEO América Latina y el Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente*. PNUMA (Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México D.F.). Costa Rica, 282 pp.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Programa de Acción Mundial para la Protección del Medio Marino frente a las Actividades Realizadas en Tierra (GPA). 2001. *Las aguas residuales municipales como fuentes terrestres de contaminación de la zona marino costera en la región de América Latina y el Caribe*. PNUMA (Oficina Regional para América Latina y el Caribe, México, D.F.).
- Revelante, N.; M. Gilmartin. 1992. The lateral advection of particulate organic matter from the Po Delta region during summer stratification, and its Implications for the Northern Adriatic. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 35: 191-212.
- Selleslagh, J.; R. Amara. 2008. Inter-season and interannual variations in fish and macrocrustacean community structure on a eastern English Channel sandy beach: Influence of environmental factors. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 77: 721-730.
- Soto, Y.; M. Bianchi; J. Martinez; J. Rego. 1993. Seasonal evolution of microplanktonic communities in the estuarine front ecosystem of the Rhone River plume (North-western Mediterranean Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 37: 1-13.
- Ter Braak, C. 1986. Canonical Correspondence Analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.







Sustancias activas y biotecnología



Análisis químico preliminar y letalidad frente a artemia salina de los extractos metanólicos y etéreos de las esponjas *Cliona varians* y *Aplysina fulva* recolectadas en la Bahía de Mochima, Venezuela

Figueroa, D¹, Senior, M¹, Moreno, S¹, D'Armas H^{1,2}

¹Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela.

²Planta Piloto de Farmacia, Facultad de Ciencias Químicas y Salud, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

E-mail: haydelba@yahoo.com

Resumen

Las esponjas *C. varians* y *A. fulva* fueron recolectadas en Isla Larga, Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, para su estudio. Se procedió a realizar extracciones con metanol y éter de petróleo a cada una de las esponjas, obteniéndose los extractos metanólicos y etéreos, posteriormente se procedió a realizar un análisis químico preliminar para evidenciar la posible presencia de algunas familias de metabolitos secundarios en los extractos y se evaluó su concentración letal media (CL₅₀) mediante el bioensayo de letalidad frente a *A. salina*, el cual permite predecir actividades antitumorales, ya que tiene una correlación positiva entre la mortalidad de los nauplios de *A. salina* con la citotoxicidad frente al carcinoma nasofaríngeo humano y leucemia *in vivo*. El análisis químico mostró resultado positivo para los metabolitos comunes flavonoides, esteroides insaturados, triterpenos pentacíclicos y glicósidos cianogénicos en los extractos etéreos de ambas esponjas; igual que en el extracto metanólico de *C. varians* para metilcetonas y alcaloides y para *A. fulva* metilcetonas, alcaloides y polifenoles. Presentó una CL₅₀ mayor a 1000 µg/ml. Mostró actividad frente a *Proteus vulgaris*. Ambas esponjas son una fuente promisoría de diversas familias de metabolitos, por lo que pueden ser usadas con fines farmacéuticos.

Palabras clave

CL₅₀, esponjas marinas, bioactividad, metabolitos secundarios.



Introducción

Desde hace unas décadas el hombre ha vuelto su mirada al mar para explorarlo, con el propósito de obtener compuestos naturales que puedan tener algún tipo de aplicación que mejore la calidad de vida de la población humana (1). El estudio químico sistemático de la diversidad marina es muy reciente, sí se compara con los estudios realizados a la flora y microorganismos terrestres, lo cual constituye la base del desarrollo inicial de los fármacos (2). Las especies marinas poseen un inmenso potencial como fuente de nuevos fármacos y representan un arsenal de nuevas y novedosas sustancias. Dentro del espectro de especies marinas evaluadas, como fuente renovable de productos con valor agregado, las esponjas constituyen el mayor reservorio de compuestos promisorios, de las cuales se han aislado más de 2000 compuestos con gran variedad de estructuras y con diversas actividades biológicas, destacando las antivirales, antibacterianas, antimicóticas, antiparasitarias, hemaglutinantes, hemolizantes, antiinflamatorias, analgésicas y particularmente antitumorales. Con base en estos antecedentes, se hace importante el desarrollo de investigaciones dirigidos a obtener metabolitos bioactivos de fuentes naturales marinas (3, 4).

Materiales y métodos

Las esponjas *C. varians* y *A. fulva* fueron recolectadas en Isla Larga, Bahía de Mochima, Estado Sucre, Venezuela, para su estudio. Se obtuvo el extracto metanólico y en éter de petróleo mediante el método de maceración de ambas esponjas, luego cada uno de los extractos se concentró bajo presión reducida y secó, obteniéndose el extracto metanólico (EM) y el extracto etéreo (EP), posteriormente se realizó un análisis químico preliminar (5,6) para evidenciar la posible presencia de algunas familias de metabolitos secundarios en los extractos y se evaluó su actividad antimicrobiana (7), así como su concentración letal media (CL₅₀) mediante el bioensayo de letalidad frente a *A. salina* (8).

Resultados y discusión

Análisis químico preliminar

En la detección de los metabolitos secundarios mediante pruebas de caracterización química, se evidenció la presencia de diferentes familias de metabolitos en los extractos de las hojas de ambas esponjas, tal como se muestra a continuación:



Tabla 1. Familia de metabolitos secundarios presentes en los extractos

| Familia de metabolitos | CVPEP | CVMeOH | AfEP | AfMeOH |
|---------------------------|-------|--------|------|--------|
| Alcaloides | - | + | - | + |
| Saponinas | - | - | - | - |
| Glicósidos cianogénicos | + | - | + | - |
| Glicósidos cardiotónicos | - | - | - | - |
| Esteroles insaturados | + | - | + | - |
| Triterpenos pentacíclicos | + | - | + | - |
| Taninos | - | - | - | - |
| Polifenoles | - | - | - | + |
| Antraquinonas | - | - | - | - |
| Metilencetonas | - | + | - | + |
| Cumarinas | - | - | - | + |
| Flavonoides | + | - | + | - |

(+): Detectado; (-): No detectado; CVPEP: *Cliona varians* éter de petróleo; CVMeOH: *Cliona varians* metanol; AfEP: *Aplysina fulva* éter de petróleo; AfMeOH: *Aplysina fulva* metanol.

Las esponjas de mar se caracterizan por biosintetizar diversos tipos de esteroles con una gran diversidad de estructuras, lo cual sugiere que estos compuestos pueden ser usados por ésta como mecanismo de defensa. En el extracto metanólico, se evidenció la presencia de metilencetonas y alcaloides para ambos extractos y de polifenoles y cumarinas para *A. fulva*. De acuerdo al análisis químico preliminar, ambas esponjas son una fuente promisoría de diversas familias de metabolitos, que podrían ser usadas con fines farmacéuticos.

Concentración letal media

La determinación del grado de toxicidad de los extractos se realizó frente a el crustáceo *A. salina*, en el cual se logra establecer una relación entre los compuestos que muestran una toxicidad frente a nauplios de *Artemia* sp. ya que se corresponde con una citotoxicidad contra las células cancerígenas 9 KB (carcinoma nasofaríngeo humano) y 9 PS (leucemia *in vivo*), además, que la actividad de los extractos o compuestos en prueba es muy significativa cuando el valor de CL₅₀ es menor o igual a 30 µg/ml, sin embargo, todas las que poseen CL₅₀ <1000 µg/ml se estima que podrían ser letales también. A pesar de los metabolitos secundarios detectados, los extractos no presentaron citotoxicidad frente al crustáceo utilizado, a las concentraciones ensayadas (1000, 100, 10, 1, 0,1 y 0,01 µg/ml), aunque no se descarta que puedan ser activos variando las condiciones o empleando otro tipo de organismo.

Actividad antimicrobiana

Los extractos metanólicos de *A. fulva* y *C. varians* resultaron activos frente a la cepa *Proteus vulgaris*, las condiciones bajo las cuales se realizó la prueba permiten inferir acerca de la sensibilidad bacteriana frente al extracto, el hecho de que no se apreciara actividad frente a las otras cinco (5) bacterias ensayadas,



no es indicativo de que a concentraciones mayores o condiciones diferentes, los extractos pudiesen llegar a presentar cierta actividad frente a éstas u otras cepas.

Conclusión

El análisis químico reveló la presencia de diversas familias de metabolitos.

Los extractos no mostraron actividad frente a *A. salina*.

Ambos extractos metanólicos resultaron activos frente a *P. vulgaris*.

Este estudio preliminar constituye un aporte local significativo en el estudio de esponjas marinas.

Referencias

1. Rodríguez, J. 2003. Productos naturales de origen marino, una perspectiva en la búsqueda de nuevos fármacos. Anales de la Real Sociedad Española de Química, 2: 5-13.
2. Jaspars, M. y Houssen, W. 2006. Isolation of marine natural products. In: Natural Products Isolation. Sarker, S.; Latif, Z. y Gray, A. (eds) 2006. Segunda edición. Editorial Humana Press Inc. New Jersey.
3. De La Calle, F. 2007. Fármacos de origen marino. Treballs de la SCB, 58: 141-155.
4. Jiménez J.; Marfil, M.; Francesch, A.; Cuevas, C.; Álvarez, M. y Alvericio, F. 2007. Investigación y Ciencia, Productos Naturales de Origen Marino. Universidad de España, Barcelona. *Revista Española de Biología*, 20: 71-80.
5. Marcano, D. Y Hasegawa, M. 2002. Fitoquímica orgánica. UCV. Litopar.



Evaluación de la toxicidad aguda de plantas medicinales cultivadas en Ecuador contra el crustáceo *Artemia salina*

Jaramillo A.¹, Rojas de Astudillo L.^{1,2}, D'Armas H.^{1,2} y Jaramillo C.¹

¹Planta Piloto de Farmacia, Facultad de Ciencias Químicas y Salud, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

²Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Núcleo Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela.

E-mail: anyissita2203@gmail.com

Resumen

La exploración y el aprovechamiento de los recursos marinos abordan perspectivas científicas, tecnológicas y económicas. *Artemia salina*, un organismo marino que ocupa un lugar importante dentro del grupo de bioensayos aplicados a la ecotoxicología, es utilizado en esta investigación para evaluar la toxicidad aguda de extractos de algunas plantas medicinales como fuentes promisorias de compuestos bioactivos de origen natural. El bioensayo se realizó con los extractos alcohólicos de las plantas: *Taraxacum officinale* (diente de león), *Parthenium hysterophorus* (escoba amarga), *Artemisia absinthium* (ajenjo), *Cnidioscolus chayamansa* (chaya) y *Piper carpunya* (guaviduca), el cual consistió en exponer grupos de larvas de *Artemia salina*, previamente eclosionados, a concentraciones del extracto de 1000, 100 y 10 $\mu\text{g/ml}$ por 24h; se calculó la CL_{50} mediante el programa estadístico Finney Dos (métodos Probit, Logit y MovingAverage) (Meyer *et al*, 1982). La detección de familias de metabolitos secundarios presentes en los extractos, se realizó según la metodología descrita por Miranda (2002). El análisis fitoquímico mostró la presencia de diversos principios activos como fenoles, flavonoides, taninos, saponinas, glicósidoscianogénicos y alcaloides en todas las plantas estudiadas, mientras que guaviducadió positivo el ensayo para quinonas, y tanto chaya como escoba amarga exhibieron la presencia de antocianidinas. El bioensayo de letalidad fue considerado válido, ya que el porcentaje de mortalidad en los controles (tubos preparados e incubados en las mismas condiciones, pero en ausencia de extracto) no excedió del 10 %. Teniendo de ésta manera que las CL_{50} obtenidas oscilaron entre los valores 3,37 $\mu\text{g/ml}$ y 274,34 $\mu\text{g/ml}$, para *P. carpunya* (guaviduca) siendo extremadamente letal o tóxica y para *T. officinale*



(diente de león) siendo altamente tóxica, respectivamente. Posiblemente, los metabolitos secundarios identificados en las cinco plantas, son los causantes de la toxicidad observada; por lo cual se puede decir que las mismas podrían ser fuentes promisorias de compuestos antitumorales. El bioensayo de *Artemia salina*, constituye un valioso instrumento para químicos de productos naturales y farmacéuticos ecuatorianos, al contribuir al descubrimiento de plantas medicinales con potencial farmacológico.

Palabras clave

Artemia salina, *Taraxacum officinale*, *Parthenium hysterophorus*, *Artemisia absinthium*, *Cnidioscolus chayamansa*, *Piper carpunya*.

Introducción

La exploración y el aprovechamiento de los recursos marinos abordan perspectivas científicas, tecnológicas y económicas. *Artemia salina*, un organismo marino que ocupa un lugar importante dentro del grupo de bioensayos aplicados a la ecotoxicología. El ensayo de letalidad de *Artemia salina* se basa en la posibilidad de causar la muerte de larvas de este crustáceo cultivadas en el laboratorio y es muy útil debido a que sus nauplios son muy sensibles a gran variedad de sustancias. Este método el cual fue propuesto por Michaellet al. (1956) y luego desarrollado por Vanhaecke et al. (1981) y Sleet y Brendel (1983, determina el valor de la concentración letal media (CL₅₀) de compuestos y extractos en medio salino.

Este método, en el cual se, ha sido utilizado para la detección de toxinas de hongos (Harwig y Scott, 1971) y cianobacterias (Jaki et al., 1999), metales pesados (Martínez et al., 1998), para predecir citotoxicidad de compuestos puros (Sólis et al., 1993), también es una herramienta útil, rápida, simple y sencilla para predecir toxicidad de extractos de plantas (McLaughlin et al., 1991; Lagarto et al., 2001, Pino y Lazo, 2010). Meyer et al. (1982) fueron los iniciadores del uso de las larvas de *Artemia* spp. en sustitución de animales superiores para la evaluación de extractos vegetales, con el fin de hallar compuestos con actividad antitumoral y citotóxica. Silva et al. (2007) utilizó este ensayo para la pre-evaluación de extractos vegetales en el descubrimiento de compuestos antitumorales. McLaughlin et al. (1998) determinaron que existe una correlación positiva entre la mortalidad de las larvas de artemia y la citotoxicidad frente a las células 9KB (carcinoma nasofaríngeo humano) y la línea celular 3PS (P388) (leucemia in vivo). El crustáceo *Artemia*, orden Anostraca, habita en ambientes costeros y aguas interiores con altas concentraciones de sales (Triantaphyllidis et al., 1998; Van Stappen, 2002). Se observa que cada población responde con ciertas características reproductivas (nauplios o quistes) o en cantidad o en tasa de producción, a una salinidad específica que puede



variar desde los 35 hasta los 170 g L⁻¹. Este conocimiento permite un manejo adecuado de cada población, no sólo a nivel laboratorio, sino también en los distintos lugares en donde se encuentra este recurso de forma natural (Castro Mejía *et al.*, 2009). *Artemia* puede encontrarse en gran variedad de hábitat, depende de la composición de los iones (cloruro, sulfatos o carbonatos) o la combinación de estos (Bowen *et al.*, 1985; Lenz, 1987; Bowen *et al.*, 1988), la altitud (Abatzopoulos *et al.*, 1998; Triantaphyllidis *et al.*, 1998; Van Stappen, 2002), y por las condiciones climáticas, ya que pueden ir desde húmedo, subhúmedo hasta lo árido (Vanhaecke *et al.*, 1987).

En esta investigación para evaluar la toxicidad aguda de extractos de las plantas medicinales: *Taraxacum officinale* (diente de león), *Parthenium hysterophorus* (escoba amarga), *Artemisia absinthium* (ajenjo), *Cnidioscolus chayamansa* (chaya) y *Piper carpubya* (guaviduca), como fuentes promisorias de compuestos bioactivos de origen natural.

Diente de león es una de las hierbas más reconocidas en el mundo, se utiliza en muchos sistemas médicos modernos y tradicionales a base de hierbas, como se ha documentado particularmente en Asia, Europa y América del Norte. La investigación preclínica de diente de león ha revelado numerosas propiedades, incluyendo sus acciones como un modulador de la inflamación, diurético, estimulante digestivo, estimulante de la insulina. La raíz se considera principalmente un remedio digestivo, apoyando digestión y la función del hígado, mientras que la hoja se utiliza como diurético y estimulante digestivo amargo (Yarnellet *et al.*, 2009; You *et al.*, 2010). También, se ha utilizado para el tratamiento de la enfermedad de la mujer (especialmente, cáncer de mama y útero). Además, se ha utilizado como un remedio para la ictericia y los trastornos del hígado y la vesícula biliar, y como remedio para contrarrestar la retención de agua (Koo *et al.*, 2004).

Artemisia absinthium L (ajenjo) como planta medicinal es utilizada desde la antigüedad y entre los efectos farmacológicos más reconocidos por la población se encuentran el adelgazante y digestivo. También ha sido utilizado como un antipirético, antiséptico, antihelmíntico, tónico, y diurético y como analgésico para el tratamiento de dolor de estómago (Kordali *et al.*, 2005). Los extractos han mostrado actividad antimicrobiana y antiangiogénica, lo que guarda relación con su uso tradicional (Ordóñez *et al.*, 2001).

La chaya es una verdura cultivada en varias partes de la región suramericana. La evidencia sugiere que la chaya era una planta importante para los antiguos Mayas de la península de Yucatán, y tal vez en otras partes de la región Maya. Es una planta fácil de cultivar, su productividad es potencial, y sobre tiene un alto valor nutritivo (Kuti y Torres, 1996; Molina *et al.*, 1997; Ross y Molina, 2002). Es usada comúnmente tanto para propósitos medicinales como alimenticios (Escalante *et al.*, 2004). Por las propiedades medicinales que se le atribuye a la chaya se puede utilizar para el tratamiento de enfermedades como la diabetes y es recomendada a todas las afecciones que se producen por la deficiencia de vitamina A y C, afecciones del sistema inmunológico y cáncer (Kuti y Torres,



1996; Ross y Molina, 2002; Johnson Senjobi *et al.*, 2011). En la medicina tradicional, las hojas de *Piper carpunya*, son ampliamente utilizados en la medicina popular en los países tropicales y subtropicales de América del Sur como un remedio anti-inflamatorio, anti-úlceras, anti-diarreico, anti parasitario y como protector gastrointestinal. Es una especie endémica de las regiones del norte de América del Sur (Fonnegra, 2007; Riofrío, 2012). *Parthenium hysterophorus* L. (Asteraceae), se encuentra como hierba en muchas partes del mundo, pero es nativa del continente americano y de las islas del Caribe (Picman *et al.*, 1984). Se ha considerado como una especie de planta invasiva y nociva, produce dermatitis, asma y bronquitis. Además produce pérdidas en la agricultura y además es un gran problema para la biodiversidad (Holm *et al.* 1997). Sin embargo, esta planta ha mostrado efectos inhibitorios sobre algunos hongos fitopatógenos como *Fusarium oxysporium*, *Stemphylium solani* y *Phytophthora parasitica* (Rodríguez *et al.*, 2000) y podría ser utilizado en el control de la piriculariosis en el cultivo del arroz (Rodríguez Pedroso *et al.*, 2012).

Con el ensayo de *Artemia salina*, el cual determina el efecto letal de los extractos de las plantas en larvas de *A. salina*, permitiría predecir las actividades de dicho extracto como anticancerígeno, insecticida y/o algunos otros efectos farmacológicos que pueda asociarse con la letalidad del crustáceo.

Materiales y métodos

Recolección de plantas

Se realizó dentro de la provincia El Oro y en las Provincias del Azuay y Pichincha de Ecuador.

Preparación de la muestra

Las hojas fueron las partes de la planta que se utilizaron. Cuando se realizó la recolección de la materia prima se tomó en cuenta que ésta se encuentre en estado idóneo; hojas de buen aspecto, y que denoten una coloración verde intensa, sin magulladuras, marchitas o corroídas o que den muestras de infecciones.

Las hojas se lavaron con agua pura y fría para eliminar de cuerpos extraños depositados en ellas y que generalmente son acarreados por el viento. Luego se procedió a un lavado y luego fueron colocadas en un secador artesanal y posteriormente llevadas a la estufa a 37°C por 24 horas.

Obtención del extracto alcohólico

Se pesó 20 g de cada materia vegetal, se puso en maceración con tres veces el peso del residuo en volumen con alcohol potable, durante 48 horas. Se obtuvo el extracto alcohólico, el cual se mantuvo a temperatura ambiente en frasco ámbar



y el residuo sólido se procedió a filtrar, secar y a pesar. (Miranda y Cuellar, 2001).

Determinación cualitativa de metabolitos secundarios

Consistió en un conjunto de pruebas microquímicas que son sencillas y rápidas. Estas pruebas permiten detectar la presencia de los metabolitos secundarios, mediante reacciones que son selectivas para las clases o grupos de compuestos que se investigan; detectando la mínima cantidad posible, con el empleo de un mínimo de equipo de laboratorio (Bruneton, 1999). La detección de familias de metabolitos secundarios presentes en los extractos, se realizó según la metodología descrita por Miranda (2002). Para determinar la presencia de metabolitos secundarios se utilizaron los siguientes métodos para flavonoides el de *Shinoda*, compuestos fenólicos y taninos el de cloruro férrico, alcaloides el de *Dragendorff* y el de *Mayer*, quinonas el de *Bortrager*, saponinas a través de La formación de espuma abundante y estable, antocianidinas el de *Rosemhein* y glucosidos cianogénicos mediante la reacción con el papel picrosódico. Para la descripción de los ensayos se utilizó un sistema cualitativo para especificar la presencia o ausencia de los grupos de metabolitos siguiendo los criterios: presencia (+) y ausencia (-).

Bioensayo con nauplios de *Artemia salina*

El bioensayo se realizó con los extractos alcohólicos de las plantas: *Taraxacum officinale* (diente de león), *Parthenium hysterophorus* (escoba amarga), *Artemisia absinthium* (ajenjo), *Cnidioscolus chayamansa* (chaya) y *Piper carpunya*(guaviduca), el cual consistió en exponer grupos de diez larvas de *Artemia salina*, previamente eclosionadas, a concentraciones del extracto de 1000, 100 y 10 $\mu\text{g/ml}$ por 24h; se calculó la CL_{50} mediante el programa estadístico Finney Dos (métodos Probit, Logit y MovingAverage con un límite de confianza de 95%) (Meyer *et al.*, 1982).

La CL_{50} se define como la concentración de un material tóxico letal al 50% de los organismos de la prueba. (Pino y Lazo, 2010).

Finalmente, se clasificaron extractos y patrones o blancos evaluados según la toxicidad, tomando como referencia las recomendaciones del CYTED (1995).

Resultados

El análisis fitoquímico mostró la presencia de diversos principios activos como fenoles, flavonoides, taninos, saponinas, glicósidos cianogénicos y alcaloides en todas las plantas estudiadas, mientras que guaviduca dio positivo el ensayo para quinonas, y tanto chaya como escoba amarga exhibieron la presencia de antocianidinas.

El bioensayo de letalidad fue considerado válido, ya que el porcentaje de mortalidad en los controles (tubos preparados e incubados en las mismas



condiciones, pero en ausencia de extracto) no excedió del 10 %. La actividad citotóxica se evaluó en extractos metanólicos de cinco de las plantas medicinales: Diente de León (*T. officinale*), Escoba amarga (*P. hysterophorus*), Ajenjo (*A. absinthium* L.), Chaya (*C. chayamansa*) Guaviduca (*P. carpunya*), frente a los nauplios de *Artemia salina*. Se expusieron 10 larvas de *Artemia salina* a 3 concentraciones de extracto (1 000, 100, 10 µg/ml). Se realizó tres réplicas para cada concentración. Se calculó el porcentaje de mortalidad por medio del programa estadístico Finney (Dos) (Probit, Logit, Moving Average o Binomial con un intervalo de confianza de 95%).

Tabla 1. Metabolitos secundarios detectados en extractos de plantas medicinales.

| Familia de metabolitos Secundarios | Especie vegetal | | | | |
|------------------------------------|-----------------|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fenoles | + | + | + | + | + |
| Flavonoides | + | + | + | + | + |
| Taninos | + | + | + | + | + |
| Glucósidos cianogénicos | + | + | + | + | + |
| Saponinas | + | + | + | + | + |
| Alcaloides | + | + | + | + | + |
| Quinonas | + | - | - | - | - |
| Antocianidinas | - | + | - | - | - |

1: *Piper carpunya*; 2: *Cnidioscolus chayamansa*; 3: *Parthenium hysterophorus*; 4: *Taraxacum officinale*; 5: *Artemisia absinthium*; (-):ausencia; (+):presencia.

Las larvas de *Artemia salina* murieron expuestas a las distintas concentraciones (1 000, 100, 10 µg/ml) de extracto de las plantas medicinales utilizadas para el bioensayo. Se utilizó el mismo control para todas las muestras.

La actividad citotóxica se evidenció al mostrar a guaviduca (*P. carpunya*) con una Cl_{50} 3,37 µg/ml lo que es extremadamente tóxico, escoba amarga (*P. hysterophorus*) con una Cl_{50} 95,88 µg/ml altamente tóxico, chaya (*C. chayamansa*) con una Cl_{50} 74,34 µg/ml altamente tóxico, ajenjo (*A. absinthium* L.) con una Cl_{50} 100,7 µg/ml moderadamente tóxico y diente de león (*T. officinale*) con una Cl_{50} 274,34 µg/ml, moderadamente tóxico. La categoría de toxicidad fue designada de acuerdo a la clasificación de citotoxicidad del CYTED (1995) (Tabla 2).



Tabla 2. Resultados obtenidos del bioensayo con nauplios de *Artemia salina*^a

| Especie | Concentración (µg/ml) | mueritos | vivos | mortalidad (%) | CL ₅₀ µg/ml | Categoría |
|--|-----------------------|----------|-------|----------------|------------------------|------------------------------|
| <i>C. chayamansa</i> (diente de león) | 1000 | 21 | 9 | 70,00 | 274,74 | Moderada mente tóxico |
| | 100 | 12 | 18 | 40,00 | | |
| | 10 | 7 | 23 | 23,33 | | |
| <i>A. absinthium</i> ajenojo | 1000 | 20 | 10 | 66,67 | 100,7 | Moderada mente tóxico |
| | 100 | 13 | 7 | 43,33 | | |
| | 10 | 2 | 28 | 6,67 | | |
| <i>P. hysterothorus</i> (escoba amarga) | 1000 | 29 | 1 | 96,7 | 95,88 | Altamente tóxico |
| | 100 | 13 | 17 | 43,33 | | |
| | 10 | 5 | 25 | 16,66 | | |
| <i>C. chayamansa</i> (Chaya) | 1000 | 23 | 7 | 76,66 | 74,34 | Altamente tóxico |
| | 100 | 20 | 10 | 66,67 | | |
| | 10 | 6 | 24 | 20,00 | | |
| <i>P. carpunya</i> (guaviduca) | 1000 | 30 | 0 | 100,00 | 3,37 | Extremada mente tóxico |
| | 100 | 23 | 7 | 76,66 | | |
| | 10 | 15 | 15 | 50,00 | | |

a: Se realizaron tres réplicas por cada concentración; número total de nauplios ensayados en cada concentración=30

Discusión

Para evaluar la acción tóxica de los extractos de plantas y correlacionarla con otras actividades biológicas o con la presencia de determinados componentes químicos, varios autores reportan una clasificación de la toxicidad según el valor de la CL₅₀ del extracto. Aunque estas clasificaciones poseen variaciones entre sí, todas coinciden en agrupar los extractos, como lo expresan CYTED con CL₅₀ inferiores a 100 µg/mL en las categorías de mayor toxicidad, mientras, los que muestran valores superiores a 1 000 µg/mL se clasifican como no tóxicos (Meyer *et al.*, 1982; Pinzón y Sánchez, 1995; Sanabria-Galindo *et al.*, 1997; Fernández-Calienes *et al.*, 2007). Los valores de CL₅₀ obtenidos oscilaron entre los valores 3,37 µg/ml y 274,34 µg/ml, para *P. carpunya* (guaviduca) y para *T. officinale* (diente de león), respectivamente, siendo la primera extremadamente letal o tóxica y la última altamente tóxica.

Todas las plantas estudiadas presentaron un porcentaje de mortalidad que osciló entre 66,67% y 100,00% a la concentración más alta ensayada (1 000 µg/mL), y entre 6,57% y 50,00% a la concentración más baja ensayada (100 µg/mL), para ajenojo y guaviduca respectivamente. Similarmente, *P. carpunya* mostró la CL₅₀ más baja o citotoxicidad muy significativa; sin embargo, *A. absinthium* exhibió una citotoxicidad moderada. El porcentaje de mortalidad de los extractos y su citotoxicidad es dependiente de la concentración.



El resultado obtenido con escoba amarga (*P. hysterophorus*) está en similitud con un estudio de Al-Mamun *et al.* (2010) en el que *P. hysterophorus* mostró actividad citotóxica contra los nauplios de *Artemia salina* con una CL_{50} de 93,75 $\mu\text{g/ml}$.

La actividad citotóxica encontrada en diente de león (*T. officinale*), está en relación con los resultados de Salama *et al.* (2009), quienes encontraron que el extracto acuoso de dicha planta tiene una CL_{50} menor de 100 $\mu\text{g/ml}$.

Chaya (*C. chayamansa*) tiene un porcentaje máximo de mortalidad entre 73,3% resultado que está en similitud con un estudio realizado en la misma planta y con un $76,67 \pm 3,33\%$ de mortalidad, (Ikpefan *et al.*, 2013); además, ellos refieren que la citotoxicidad de las plantas evaluadas por exposición de nauplios *Artemia salina* frente a extractos acuosos y/o etanólicos son indicadores de efectos antitumorales. En los resultados de Johnson Senjobi *et al.* (2011), el extracto de alcohólico de *C. aconitifolius* también muestra más toxicidad LC_{50} 44,7 $\mu\text{g/ml}$ y los alcaloides extraídos de *C. aconitifolius* revelaron que el extracto acuoso contiene los componentes activos responsables de esta actividad.

De la especie *P. carpunya*, a pesar de ser la de más alta toxicidad los estudios toxicológicos usando *A. salina*, son escasos. Una CL_{50} de 3,37 $\mu\text{g/ml}$ evidencia una toxicidad muy significativa (Meyer *et al.*, 1982) para esta especie y conduce a presumir la existencia de compuestos o metabolitos con una alta actividad citotóxica. De otras especies del género *Piper* han sido evaluados los aceites esenciales y presentan toxicidad con valores de LC_{50} entre 4,43-22,38 $\mu\text{g/ml}$ y 2,54 a 12,64 $\mu\text{g/ml}$ a las 24 y 48h de exposiciones, respectivamente. Los aceites que mostraron mayor toxicidad fueron *Piper eriopodon* y *Piper bredemeyeri* Jacq, con valores de LC_{50} inferiores a 5 $\mu\text{g/ml}$.

Los resultados obtenidos demuestran que las plantas estudiadas van de moderadamente a extremadamente tóxicas, por lo que pueden tener compuestos bioactivos responsables de la actividad citotóxica observada, esto le confiere un gran valor farmacológico a las plantas ensayadas. Posiblemente, los metabolitos secundarios identificados en las cinco especies vegetales, son los causantes de la toxicidad observada; por lo cual se puede decir que las mismas podrían ser fuentes promisorias de compuestos antitumorales. Sin embargo, los valores obtenidos de CL_{50} , son indicadores de toxicidad a nivel celular que pueden orientar investigaciones más específicas para determinar la actividad fisiológica o biológica en particular que presenta cada planta.

El bioensayo de *Artemia salina*, constituye un valioso bio-modelo para químicos de productos naturales y farmacéuticos, al contribuir al descubrimiento de plantas medicinales con potencial farmacológico. Además, la evaluación de la toxicidad de extractos vegetales con este bioensayo puede servir para dar tratamiento seguro, determinar la toxicidad intrínseca de la planta y los efectos de una sobredosis aguda.



Agradecimientos

Agradecemos especialmente al Proyecto Prometeo de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia y Tecnología de la República de Ecuador (SENESCYT), por el financiamiento de esta investigación.

Referencias

- Al-Mamun R, Hamid A, Kaisarul M, Ahmed J. 2010. Cytotoxic and Thrombolytic Activity of Leaves Extract of *Parthenium hysterophorus* (Fam: Asteraceae). *BPJ* 13(2): 51-54.
- Bruneton J. Elementos de fitoquímica y de farmacognosia: 2^a ed. España :Acribia; 1999.
- Castro Mejía J, Castro Barrera T, Arredondo Figueroa JL, Hernández Hernández LH, Castro Mejía G, De Lara Andrade R, et al. 2009. La salinidad y su efecto en la reproducción del crustáceo *Artemia* sp. *Contacto* 73:5-15.
- Escalante-Erosa F, Ortegón-Campos I, Parra-Tabla V, Peña-Rodríguez LM. 2004. Chemical Composition of the Epicuticular Wax of *Cnidoscopus aconitifolius*. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 48:24-25.
- Fernández-Calienes A, Valdés J, Mendiola Martínez L, Monzote Fidalgo M, García Parra I, Sariago Ramos D, Acuña Rodríguez R, Scull L, Gutiérrez Gaitén Y. 2009. Evaluación de la toxicidad de extractos de plantas cubanas con posible acción antiparasitaria utilizando larvas de *Artemia salina* L. *Rev Cubana Med Trop*, 61(3):254-8.
- Guerra Ordóñez M, Torres Idavoy D, Leticia Martínez L 2001. Validación del uso tradicional de plantas medicinales cultivadas en Cuba. *Rev Cubana Plant Med* (2):48-51.
- Harwig J, Scott P. 1971. Brine shrimp (*Artemia salina* L.) larvae as a screening system for fungal toxins. *Appl Microbiol.* 21:1011-6.
- Holm L, Doll J, Holm E, Pancho JV, Herberger JP. World Weeds: Natural Histories and Distribution. John Wiley & Sons, New York, NY, USA, 1997.
- Jaki B, Orjala J, Burji HR, Sticher O. 1999. Biological screening of cyanobacteria for antimicrobial and molluscicidal activity, brine shrimp lethality and cytotoxicity. *Pharm Biol.* 37:138-43.
- Johnson Senjobi CT, Moody JO, Ettu AO. 2011. Antimicrobial and Cytotoxic Effects of *Cnidoscopus aconitifolius* (Miller). *JABS* 2(2):21-25.
- Koo HN, Hong SH, Song BK, Cheorl-Ho Kim CH, Yoo YH, Kim HM. 2004. *Taraxacum officinale* induces cytotoxicity through TNF-a and IL-1a secretion in Hep G2 cells. *Life Sciences* 74: 1149-1157.
- Kordal S, Kotan R, Mavi A, Cakir A, Ala A, Yildirim A. 2005. Determination of the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of *Artemisia dracunculus* and of the antifungal and antibacterial activities of Turkish *Artemisia absinthium*, *A. dracunculus*, *Artemisia santonicum*, and *Artemisia spicigera* essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 53, 9452- 9458
- Lagarto A, Silva R, Guerra I, Iglesias L. 2001. Comparative study of the assay of *Artemiasalina* L. and the estimate of medium lethal dose (LD50 value) in mice, to determine oral acute toxicity of plant extracts. *Phytomedicine.* 8(5):395-400.



- Martínez M, Del ramo J, Torreblanca A, Díaz-Mayans J. 1998. Effect of cadmium exposure on Zinc levels in the brine shrimp *Artemia* partenogenética. *Aquaculture*. 172:315-25.
- McLaughlin JL, Chang CJ, Smith DL. Bench top bioassay for the discovery of bioactive natural products: an update. In: *Studies in Natural Products Chemistry*. AU Rahman Elsevier; 1991.p.383-409.
- McLaughlin JL, Lingling LR, Anderson JE. 1998. The use of biological assays to evaluate botanicals. *Drug Information J*. 32:513-524.
- Meyer BN, Ferrigni NR, Putnam JE, Jacobsen LB, Nichols DE, McLaughlin JL. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Med*. 1982; 45:31-34.
- Michael AS, Thompson CG, Abramovitz M. 1956. *Artemia salina* as a test organism for a bioassay. *Science*. 123:464.
- Miranda, M. 2002. *Farmacognosia y Productos Naturales*. 1^{era} Ed., Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana. 127pp.
- Picman J, Picman AK. 1984. Autotoxicity in *Parthenium hysterophorus* and its possible role in control of germination, *Biochem Sys Ecol*, 12(3): 287–292.
- Pino O, Lazo F. 2010. Ensayo de *Artemia*: Útil Herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. *Rev. Protección Veg*. 22(1): 34-43.
- Pinzon, R, Sánchez, C. (1995). *Manual de Técnicas de Investigación*: CYTED. p.p 63-70.
- Rodríguez Pedroso AT, Ramírez Arrebató MA, Cárdenas Travieso RM, Rivero González D, Triana AC, Bautista Baños S. 2012. Actividad antifúngica *in vitro* e *in vivo* del extracto acuoso de hojas de *Parthenium hysterophorus* L. sobre *Pyricularia grisea* Sacc. *UDO Ag* 12 (4): 839-844.
- Ross Ibarra J., Molina C. 2002. The ethnobotany of chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*ssp. *aconitifolius* Breckon): A nutritious Maya vegetable. *Economic Botany*. 56: 350-365.
- Sanabria-Galindo A, López SI, Gualdrón R. 1997. Estudio fitoquímico preliminar y letalidad sobre *Artemia salina* de plantas colombianas. *Rev Col Cienc Quím Farm*. 26:15-9.
- Silva TMS, Nascimento RJB, Batista MM, Agra MF, Camara CA. 2007. Brine shrimp bioassay of some species of *Solanum* from Northeastern Brazil. *Braz J Pharmacogn*. 17 (1):35-38.
- Sleet RB, Brendel K. 1983. Improved methods for harvesting and counting synchronous populations of *Artemia* nauplii for use in developmental toxicology. *Ecotoxicol Env Safety*. 7:435-46.
- Solís PN, Wright CW, Anderson MM, Gupta MP, Phillipson JD. 1993. A microwell cytotoxicity assay using *Artemia salina*. *Plant Med*. 59:250-2.
- Vanhaecke P, Persoone G, Claus C, Sorgeloos P. 1981. Proposal for a short-term toxicity test with *Artemia* nauplii. *Ecotoxicol Env Safety*. 5:382-87.
- Yarnell E, Abascal K. 2009. Dandelion (*Taraxacum officinale* and *T mongolicum*). *Integrative Medicine*. 8(2):35- 38.
- You Y, Yoo S, Yoon HG, Park J, Lee YH, Kim S, et al. 2010. In vitro and in vivo hepatoprotective effects of the aqueous extract from *Taraxacum officinale* (dandelion) root against alcohol-induced oxidative stress. *Food Chem Toxicol* 48: 1632–1637.



Estudio químico de tres corales con potencial farmacológico, recolectados en el Golfo de Cariaco, Venezuela

Ordaz G.¹, D'Armas H.^{1,2}, Moreno S.¹, Camacho A.³, Hernández J.⁴, Lanza J.⁵

¹Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, Departamento de Química, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, Venezuela.

²Planta Piloto de Farmacia, Facultad de Ciencias Químicas y Salud, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

³Departamento de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo Monagas, Maturín, Venezuela

⁴Laboratorio de Análisis de Calidad, Coca-Cola FEMSA, Valencia, Venezuela

⁵Laboratorio de Análisis fisicoquímico, Instituto Nacional de Nutrición, Caracas, Venezuela.

E-mail: gordaz@udo.edu.ve

Resumen

Los octocorales representan un componente importante de la fauna invertebrada marina y un acercamiento quimiotaxonómico revela que son capaces de biosintetizar un gran número de constituyentes con propiedades farmacodinámicas importantes. En este sentido, se recolectaron muestras de los octocorales *Eunicea* sp., *Muricea* sp. y *Pseudoptergorgia acerosa*, en la costa norte del Golfo de Cariaco, Venezuela, obteniéndose sus extractos crudos por extracción con metanol y de éstos, por extracción con éter de petróleo y luego con acetato de etilo, se obtuvieron dos fracciones principales. Las pruebas químicas al extracto crudo y las fracciones de cada octocoral, evidenciaron la presencia de algunas familias de metabolitos secundarios como alcaloides, esteroides insaturados, triterpenos pentacíclicos y sesquiterpenlactonas, entre otros. Asimismo, mostraron ser letales a la *Artemia salina* (CL₅₀ < 1000 µg/ml) presentando mayor actividad, en todos los casos, las fracciones. La actividad antimicrobiana también se evidenció más predominante en las fracciones, resultando activas, principalmente, frente a las bacterias *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas aeruginosa*. Luego de un fraccionamiento cromatográfico se obtuvieron subfracciones que inhibieron el crecimiento de otros microorganismos, mostrando halos de mayor diámetro, lo que indica un efecto antagónico de la bioactividad por la purificación de los constituyentes. El análisis por CG/EM de



algunas subfracciones obtenidas por separación cromatográfica continua de las fracciones en éter de petróleo de cada octocoral, permitió identificar una serie de ésteres metílicos, ceras, derivados bencénicos y derivados esteroidales. Mientras que, en subfracciones obtenidas de las fracciones en acetato de etilo se identificaron derivados nitrogenados y oxigenados de terpenoides, principalmente sesquiterpénicos, así como algunos derivados bencenoides. Posiblemente, algunos de los metabolitos secundarios identificados en estos gorgóneos, son los causantes de la antibiosis observada.

Palabras clave

Bioactividad, *Eunicea* sp., *Muricea* sp., *Pseudopterogorgia acerosa*, metabolitos secundarios.

Introducción

La quimiotaxonomía de gorgonios pertenecientes a los géneros *Eunicea*, *Muricea* y *Pseudopterogorgia*, representativos de la fauna invertebrada en la región de las Indias Occidentales, ha demostrado que son una fuente de sustancias bioactivas con potencial aplicación farmacológica (Gutiérrez *et al.*, 2006; Lorenzo *et al.*, 2006; Kate *et al.*, 2010; Marrero *et al.*, 2010; Cuadrado *et al.*, 2010; Correa *et al.*, 2011; Reina *et al.*, 2011; Correa *et al.*, 2012; Wei *et al.*, 2012).

El presente trabajo constituye una recopilación de varias investigaciones realizadas en Laboratorio de Lípidos y Productos Naturales del Departamento de Química de la Universidad de Oriente, Venezuela, en los cuales se propuso estudiar químicamente los extractos de los octocorales *Eunicea* sp., *Muricea* sp. y *Pseudopterogorgia acerosa* y su posible actividad biológica (Ordaz *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2010; Ordaz *et al.*, 2010; Camacho *et al.*, 2011; Camacho *et al.*, 2014; Ordaz *et al.*, 2014a; Ordaz *et al.*, 2014b).

Materiales y métodos

Muestreo

Las muestras de los octocorales fueron recolectadas en la costa norte del Golfo de Cariaco, localidad de Punta Arenas, Estado Sucre, Venezuela (10°30' - 10°32' N, 64°12' - 64°13' W). La identificación se realizó en la Fundación Pro-Desarrollo de las Ciencias del Mar de la Universidad de Oriente (FUNDEMAR).

Pruebas químicas preliminares

Se realizaron ensayos de laboratorio, de acuerdo con lo planteado por



Domínguez (1973) y Marcano y Hasegawa (2002), en los que se emplearon reacciones de coloración y precipitación para detectar la posible presencia de familias de metabolitos como esteroides, triterpenos pentacíclicos, alcaloides, sesquiterpenlactonas, taninos, polifenoles, entre otros.

Letalidad contra *Artemia salina*

La letalidad de los extractos crudos y fracciones principales se determinó frente a nauplios del crustáceo *Artemia salina*, eclosionados con 24 h de anticipación. Para ello se prepararon soluciones de 1000, 100, 10, 1, 0,1 y 0,01 µg/mL de los extractos y fracciones en agua de mar esterilizada y bifiltrada, exponiendo 10 nauplios durante 24 y 48 h (McLaughlin *et al.*, 1991). Transcurrido el tiempo se contabilizó el número de organismos muertos y se calculó la concentración letal media (CL₅₀, Stephan, 1977). El ensayo se realizó por triplicado y como control negativo agua de mar bifiltrada.

Pruebas preliminares de actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se evidenció a partir de los halos de inhibición que presentaron los extractos y fracciones frente al crecimiento de diversas cepas bacterianas y fúngicas (Bauer *et al.*, 1966; Madubunyi, 1995), pertenecientes al Centro Venezolano de Colección de Microorganismos (CVCVM). Se empleó el método de difusión en discos de papel, empleándose discos de 5 mm de papel de filtro Whatman Nro. 3, impregnados con 25 µL de solución de extracto o fracción (40 mg/mL). Se utilizó Agar Muller-Hinton como medio de cultivo para el crecimiento bacteriano, incubándose a 37 °C por 24 h. Mientras que el crecimiento fúngico se realizó en Agar Papa Dextrosa como medio de cultivo, incubándose a temperatura ambiente durante 48 h. Se emplearon como control negativo los respectivos solventes utilizados para preparar las disoluciones de los extractos y fracciones.

Separación cromatográfica

La separación cromatográfica de las fracciones principales y las derivadas de éstas se realizaron mediante cromatografía en columna (CC) y en capa fina preparativa (CCFP). Para la CC se utilizó Silica-gel 35-70 mesh, empaquetada en columnas de vidrio de diámetros y longitudes variables, dependiendo de la masa de la fracción empleada se usó una proporción en masa Silica-gel: fracción de 30:1, y mezclas de solventes de polaridad creciente como fase móvil. Para la CCFP se utilizaron placas de vidrio 20 × 20 cm², recubiertas con Silica-gel 10-40 µ de 1 mm de espesor.

Identificación mediante CG/EM

Algunas fracciones se analizaron en el del Laboratorio de Fitoquímica Biodirigida de la Universidad Simón Bolívar (USB) en un cromatógrafo de gases marca Hewlett-Packard modelo 5890, serie II, con inyector de tipo Split-Splitless, el cual estaba acoplado con un espectrómetro de masas de la misma



marca, modelo 5971 A, con fuente de ionización por impacto electrónico de 70 eV. La temperatura del inyector fue 280°C. Se utilizó una columna de metil-silicona de 25 m × 0,18 D.I × 0,18 mm de espesor y helio como gas de arrastre. La temperatura inicial del horno fue de 70°C con una rampa de 10°C/min hasta llegar a 300°C. Otras fueron analizadas en el Laboratorio de Espectrometría de masas del Instituto de Investigaciones Científicas de Venezuela (IVIC) mediante un equipo de CG/EM VARIAN, modelo Saturno 2000, con fuente de ionización por impacto electrónico de 70 eV, equipado con una columna CP-SIL-8CB-MS de 30 m × 0,25 D.I. y helio como gas de arrastre a una rapidez de 1 mL por minuto. La temperatura inicial del horno fue de 100°C con una rampa de 5°C por minuto hasta llegar a 295°C. La identificación de los componentes se realizó por comparación computarizada con las librerías WILEY y NIST.

Resultados

Pruebas químicas

Los ensayos químicos preliminares evidenciaron la posible presencia de diferentes núcleos secundarios en los extractos crudos de los octocorales (Tabla I). Se evidenció la presencia de alcaloides, esteroides, triterpenos pentacíclicos, glicósidos cardiotónicos y cianogénicos y sesquiterpenlactonas en los tres extractos. Por su parte, la prueba de taninos fue positiva en dos extractos y las saponinas fueron detectadas solo en el extracto del octocoral *Muricea* sp.

Tabla I. Familias químicas detectadas en los extractos crudos de los octocorales.

| Familia de metabolitos | <i>Eunicea</i> sp. | <i>Muricea</i> sp. | <i>P. acerosa</i> |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Alcaloides | + | + | + |
| Esteroides | + | + | + |
| Glicósidos cardiotónicos | + | + | + |
| Glicósidos cianogénicos | + | + | + |
| Sesquiterpenlactonas | + | + | + |
| Polifenoles | - | - | - |
| Saponinas | - | + | - |
| Taninos | - | + | + |
| Triterpenos pentacíclicos | + | + | + |

+: Detectado, -: No detectado

Actividad biológica

En la tabla II se presenta los valores de CL₅₀ obtenidos para los extractos y fracciones principales de los tres octocorales. En todos los casos, excepto para la fracción apolar de *P. acerosa*, dichos valores resultaron menores de 1000 µg/mL; a diferencia de la fracción apolar de *Muricea* sp que mostro ser extremadamente



tóxica (3,2 µg/mL), observándose un incremento de la letalidad con el tiempo de exposición que varió entre 9 y 93 %. Asimismo, a las 48 h de exposición, las fracciones exhibieron mayor actividad letal que los respectivos extractos crudos.

Tabla II. Letalidad de los extractos y fracciones frente a la *A. salina*.

| Especie | | CL ₅₀ (24 h) | CL ₅₀ (48 h) | %IAT |
|--------------------|----|-------------------------|-------------------------|------|
| <i>Eunicea sp.</i> | EC | 316,2 | 288,6 | 9,4 |
| | FE | 316,2 | 124,2 | 60,7 |
| | FA | 316,6 | 144,4 | 54,4 |
| <i>Muricea sp.</i> | EC | 248,0 | 148,8 | 40,0 |
| | FE | 3,2 | 2,1 | 34,8 |
| | FA | 206,4 | 57,6 | 72,1 |
| <i>P. acerosa</i> | EC | 747,0 | 248,0 | 66,8 |
| | FE | 1000,0 | 72,0 | 92,8 |
| | FA | 316,2 | 149,0 | 52,8 |

CL₅₀: concentración letal media en µg/ml; EC: extracto crudo; FE: fracción en éter de petróleo; FA: fracción en acetato de etilo; %IAT: porcentaje de incremento de la actividad letal con el tiempo

La actividad antibacteriana preliminar se puede observar en las tablas III a la V, evidenciándose que los octocorales *Eunicea sp.*, *P. acerosa* y *Muricea sp.*, pueden ser fuente de principios activos antibacterianos. La actividad observada fue de tipo bactericida y bacteriostática, presentando halos de inhibición entre 6 y 24 mm de diámetro. Los microorganismos no fueron sensibles a los solventes empleados en cada caso (controles negativos no inhibieron el crecimiento bacteriano). En un sentido general, las fracciones y sub-fracciones presentaron un mejor efecto antibiótico respecto al extracto crudo (efecto antagónico).

Tabla III. Actividad antibacteriana de los extractos, fracciones y subfracciones del octocoral *Eunicea sp.*

| Bacteria | Diámetro del halo de inhibición* (mm) | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------|----|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | EC | FE | B1 | B6 | B11 | H6 | FA | C | E | O |
| <i>Escherichia coli</i> | - | - | - | - | - | 7 ^b | - | 8 ^b | 16 ^b | - |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | - | - | - | - | - | - | - | 7 ^a | 11 ^a | 7 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | - | - | - | - | 24 ^a | - | - | - | - | - |
| <i>Bacillus subtilis</i> | - | 12 ^b | - | 13 ^a | 16 ^a | - | 20 ^b | 8 ^a | 10 ^a | - |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | - | - | - | - | 13 ^a | 8 ^a | 12 ^b | 11 ^b | 12 ^b | 8 ^a |
| <i>Citrobactor freundii</i> | - | - | - | - | - | 6 ^a | - | 9 ^a | 15 ^a | 6 ^a |

*: Incluye el diámetro de los discos (5 mm); EC: Extracto crudo; FE : fracción en éter de petróleo; FA: fracción en acetato de etilo; -: No mostró actividad; ^a: bactericida; ^b: bacteriostático.

Tabla IV. Actividad antibacteriana de los extractos, fracciones y subfracciones del octocoral *P. acerosa*.

| Bacteria | Diámetro del halo de inhibición* (mm) | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|----|----------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| | EC | FE | B | C | FA | C | E |
| <i>Escherichia coli</i> | - | - | 8 ^b | - | 12 ^b | - | - |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | - | - | - | - | - | 18 ^a | 11 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | - | - | - | - | - | - | - |
| <i>Bacillus subtilis</i> | 15 ^b | - | - | - | 19 ^b | 18 ^b | 11 ^a |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | 11 ^b | - | 9 ^b | - | 15 ^a | 19 ^a | - |
| <i>Citrobacter freundii</i> | - | - | - | - | - | 20 ^a | - |

*: Incluye el diámetro de los discos (5 mm); EC: Extracto crudo; FE : fracción en éter de petróleo; FA: fracción en acetato de etilo; -: No mostró actividad; ^a: bactericida; ^b: bacteriostático.

Tabla V. Actividad antibacteriana de los extractos, fracciones y subfracciones del octocoral *Muricea* sp.

| Bacteria | Diámetro del halo de inhibición* (mm) | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | EC | FE | B | D | E | FA | A | C | E | J |
| <i>Escherichia coli</i> | - | - | - | - | - | - | - | 8 ^a | 6 ^a | 8 ^a |
| <i>Salmonella enteritidis</i> | - | - | - | - | - | - | - | 9 ^a | - | 9 ^a |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | - | 20 ^b | - | 15 ^a | 12 ^a | 22 ^a | - | - | - | - |
| <i>Bacillus subtilis</i> | - | 21 ^a | 9 ^a | 13 ^a | - | 21 ^b | 7 ^a | 8 ^a | - | 8 ^a |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | - | - | - | - | - | - | - | 7 ^a | - | 9 ^a |
| <i>Citrobacter freundii</i> | - | 18 ^a | - | - | 10 ^a | - | 9 ^a | 10 ^a | 11 ^a | 10 ^a |

*: Incluye el diámetro de los discos (5 mm); EC: Extracto crudo; FE : fracción en éter de petróleo; FA: fracción en acetato de etilo; -: No mostró actividad; ^a: bactericida; ^b: bacteriostático.

La actividad micótica (o antifúngica) se evaluó para los extractos crudos y fracciones principales, evidenciándose inhibición fungicida frente al crecimiento de *Candida* sp., *Fusarium* sp. y *Penicillium crustobum*, (tabla VI). Los controles negativos no mostraron actividad, confirmándose la presencia de principios antibióticos en los extractos. Se observó también un efecto antagónico de la actividad en este bioensayo.



Tabla VI. Actividad antifúngica de los extractos crudos y fracciones principales de los octocorales.

| Bacteria | Diámetro del halo de inhibición* (mm) | | | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|----|----|-------------------|----|----|--------------------|----|----|
| | <i>Eunicea sp.</i> | | | <i>P. acerosa</i> | | | <i>Muricea sp.</i> | | |
| | EC | FE | FA | EC | FE | FA | EC | FE | FA |
| <i>Candida sp.</i> | – | 14 | 12 | 12 | 20 | – | – | 14 | 15 |
| <i>Candida albicans</i> | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| <i>Aspergillus niger</i> | – | – | – | – | – | – | – | – | – |
| <i>Fusarium sp.</i> | 14 | – | – | 13 | – | 12 | – | – | – |
| <i>Penicillium crustobum</i> | 12 | – | 14 | – | – | – | – | – | – |

*: Incluye el diámetro de los discos (5 mm); EC: Extracto crudo; FE : fracción en éter de petróleo; FA: fracción en acetato de etilo; –: No mostró actividad.

Compuestos identificados

El análisis por cromatografía de gases/espectrometría de masas permitió identificar algunos constituyentes pertenecientes a diferentes familias químicas como ácidos grasos libres, ésteres de ácidos grasos, derivados esteroidales, compuestos nitrogenados y derivados del benceno, entre otros compuestos (tabla VI).

Tabla VII. Algunos compuestos identificados en las fracciones del octocoral *Eunicea sp.*

| Fracción | Constituyente | Familia química |
|--|---|--------------------------|
| FE | Ácido (E)-9-octadecenoico | Ácidos grasos libres |
| | Hexadecanoato de metilo | |
| | Octadecanoato de metilo | |
| | Eicosanoato de metilo | Ésteres de ácidos grasos |
| | Docosanoato de metilo | |
| | Hexadecanoato de hexadecilo | |
| | 2-metil-4-pregnen-3,20-diona | |
| | Colesta-3,5-dien-7-ona | Derivados esteroidales |
| | 3β-colesta-4,6-dien-3-ol | |
| | 5β-colest-3-eno | |
| FA | Dibutilftalato | Derivados bencenoides |
| | 5-metil-8-metoxibenzo[b]carbazol-6,11(5H)-diona | |
| | 2-metil-5-metoxi-4-piridinol | Derivados nitrogenados |
| | 4,5-dihidro-3,5,5-trimetil-1H-pirazol | |
| | 1-metil-7-azabicyclo[4,1,0]heptano | |
| | 15-norcedran-8-ona | |
| | Ácido 9β-hidroxi-4,11(13)-eudesmadien-12-oico | |
| | trans-cariofileno | |
| | 3-hidroxi-2-metil-4H-piran-4-ona | |
| | 7-etil-5-metil-6,8-dioxabicyclo[3,2,1]octano | Terpenoides |
| 4-isobutil-2-metilciclopentanona | | |
| 3-hidroxi-5-(3-metil-1-butenil)-4,5-dihidro-2(3H)-furanona | | |

Tabla VIII. Algunos compuestos identificados en las fracciones del octocoral *P. acerosa*.

| Fracción | Constituyente | Familia química |
|---|--|--------------------------|
| FE | Tetradecanoato de hexadecilo | Ésteres de ácidos grasos |
| | Hexadecanoato de hexadecilo | |
| | Hexadecanoato de octadecilo | |
| | Octadecanoato de hexadecilo | |
| | Octadecanoato de octadecilo | |
| FA | Colesta-3,5-dien-7-ona | Derivados esteroidales |
| | 3,5-bis(1,1-dimetiletil)-4-hidroxibenzopropanoato de octadecilo | Derivados bencenoides |
| | Butilftalilbutilglicolato | |
| | <i>N</i> -metil- <i>N</i> -(4-(metoxi-1-hexahidropiridil)-2-butinil)acetamida | Derivados nitrogenados |
| | Pristano (2- <i>endo</i> ,7- <i>exo</i>)-7-etil-2,4-dimetil-6,8-dioxabicyclo[3,2,1]oct-3-eno | Terpenoides |
| 4-octadecanólido 1-metoxi-12-octoherbteno Tricloroeicosilsilano | Otros | |

Tabla IX. Algunos compuestos identificados en las fracciones del octocoral *Muricea* sp.

| Fracción | Constituyente | Familia química |
|----------|---|--------------------------|
| FE | Retinol acetato 3-etildodecahidro-3,4,7,7,10-pentametil-1H-nafto(2,1-b)pirano | Terpenoides |
| | Eicosanoato de metilo 14-metilheptadecanoato de metilo 10-metilheptadecanoato de metilo | Ésteres de ácidos grasos |
| | Pregna-5,17-dien-3-ol | Derivados esteroidales |
| | 2,3,4,5-tetrametil-1-(2,3,4,5-tetrametilbencil)benceno (1-pentil)hexilbenceno (1-propil)nonilbenceno (1-metil)nonadecilbenceno | Derivados bencenoides |



Tabla IX. Continuación...

| Fracción | Constituyente | Familia química |
|----------|---|--------------------------|
| FA | Dibutilftalato | |
| | (Z)-9-octadecenoato de metilo | Ésteres de ácidos grasos |
| | 3β-colesta-5,22-dien-3-ol | Derivados esteroidales |
| | 24(S)-metilcolesta-5,22(E)-dien-3β-ol | |
| | (3β,5α)-2-metilencolestan-3-ol | |
| | 4-etoxi-1-metil-δ(3)-pirrolin-2-ona | Derivados nitrogenados |
| | (E)-2,6-dimetil-2,6-octadieno | Terpenoides |
| | 3-hidroxilongifolol | |
| | endo-1-bourbonanol | |
| | 3,6-epoxi-2,2,6-trimetilciclohexanocarboxilato de etilo | |
| | | |

Discusión

Las pruebas químicas preliminares (tabla I) y los resultados de los ensayos de actividad biológica permitieron evidenciar que los octocorales *Eunicea* sp., *P. acerosa* y *Muricea* sp., pueden ser una fuente importante de metabolitos secundarios con posibles propiedades bioactivas (tablas II a la VI). Estudios anteriores muestran que los extractos y compuestos aislados de estos géneros gorgonios muestran efectos biológicos importantes (D'Armas 2004; Cuadrado *et al.*, 2010). Las pruebas antibacterianas permitieron dirigir el estudio químico y, aunque no se aislaron los constituyentes responsables de la antibiosis observada, ni la concentración mínima a la cual se observa la actividad, por tratarse de ensayos preliminares, si se pudo observar un efecto antagónico de la bioactividad, es decir, hubo un incremento (o aparición) de la antibiosis como consecuencia del proceso de purificación. Esto indica, que la ausencia de actividad no se debe a que el extracto o fracción no presente constituyentes fisiológicamente activos, sino que su efecto pudo inhibirse debido a que los principios activos se encontraban a bajas concentraciones o la presencia de otros constituyentes los inactiva, quizá, debido a reacciones bioquímicas competitivas. La variedad de constituyentes, identificados mediante análisis por CG/EM (tablas VI a IX), refleja la complejidad del proceso metabólico de los octocorales en el ambiente marino, entre los que los núcleos esteroidales y demás terpenoides, los derivados nitrogenados y los constituyentes bencenoides parecen ser característicos en los tres organismos. En este sentido, la antibiosis observada por las fracciones y subfracciones puede deberse a la presencia de estas familias de metabolitos y/o alguno de los compuestos identificados.

Los núcleos esteroidales fueron detectados en las pruebas químicas preliminares (tabla I), lo que indica que pueden encontrarse en altas concentraciones. Diversos sistemas esteroidales han sido determinados en otros gorgonios (Cuadrado *et al.*, 2010; Lorenzo *et al.*, 2006; D'Armas *et al.*, 2008; Sarma *et al.*, 2009). La identificación de derivados nitrogenados se relaciona con la posible biosíntesis



de compuestos alcaloidales (prueba positiva de alcaloides, tabla I), que han sido detectados en este tipo de organismos (Gutiérrez *et al.*, 2006; Chai *et al.*, 2012; Gao *et al.*, 2013). La presencia de derivados bencenoides, principalmente, de la familia de los ftalatos, ha sido considerada como producto del procesamiento de las muestras (Bhakuni y Rawat 2005), pero también de origen biosintético (Namikoshi *et al.*, 2006; Husein *et al.*, 2014). Las familias químicas identificadas en estos organismos pueden ser consistente con el mismo ambiente, utilizándose en las interacciones ecológicas o precursores de otros constituyentes importantes a nivel bioquímico de las especies.

Conclusiones

Los octocorales *Eunicea* sp., *P. acerosa* y *Muricea* sp., son una fuente importante de metabolitos secundarios, principalmente derivados oxigenados de terpenoides y de núcleo esteroidal. La antibiosis mostrada por extractos, fracciones y subfracciones, evidencia su potencial farmacológico, observándose un efecto antagónico de la actividad.

Referencias

- Bauer, A.; Kirby, A.; Sherris, J. y Turk, M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk method. *Am. J. Clin. Pathol.* 45: 493-496
- Bhakuni, D. y Rawat, D. 2006. Bioactive marine natural products. Anamaya/Springer. India. pp. 396 (p.215).
- Camacho, A.; D'Armas, H.; Ordaz, G. y Hernández, J. 2011. Constituyentes químicos de algunas fracciones bioactivas del extracto apolar del octocoral caribeño *Muricea* sp. Identificados mediante CG/EM. *Ciencia*, 19(4): 285-292.
- Camacho, A.; D'Armas, H.; Ordaz, G.; Moreno, S.; Hernández, J. y Yañez, D. 2014. Identificación de algunos metabolitos secundarios del extracto en acetato de etilo de *Muricea* sp. *Saber*, 26(2): 188-195.
- Chai, X.; Tang, L.; Lei, H.; Bai, C.; Sun, J.; Li, Y. y Liu, Y. 2012. Most advance on chemical and biological investigations of gorgonian octocorals. *J Chin M Med* 37(5): 667-685.
- Correa, H.; Aristizabal, F.; Duque, C. y Kerr, R. 2011. Cytotoxic and antimicrobial activity of pseudopterosins and seco-pseudopterosins isolated from the octocoral *Pseudopteroorgia elisabethae* of San Andrés and Providencia Islands (Southwest Caribbean Sea). *Mar. Drugs*. 9(3):334-344.
- Correa, H.; Zorro, P.; Arevalo-Ferro, C.; Puyana, M. y Duque, C. 2012. Possible ecological role of pseudopterosins G and PU and seco-pseudopterosins J and K from the Gorgonian *Pseudopteroorgia elisabethae* from Providencia Island (SW Caribbean) in regulating microbial surface communities. *J. Chem. Ecol.* 38(9):1190-1202.
- Cuadrado, C.; Castellanos, L.; Osorno, O.; Ramos, F. y Duque, C. 2010. Estudio químico y evaluación de la actividad antifouling del octocoral caribeño *Eunicea laciniata*.



Quim. Nova. 33(3):656-661.

- D'Armas, H.; Bermúdez, D. y Méndez, B. 2008. Aislamiento y caracterización estructural de un nuevo triterpeno del octocoral *Plexaura flexuosa* Lamoroux. *Interciencia*. 33(9):680-686.
- D'Armas, H.; Bermúdez, D. y Caserta, A. 2004. Bioactividad de algunos octocorales de aguas Venezolanas. *Saber* 16: 19-25.
- Domínguez, X. 1973. Métodos de investigación fitoquímica. Limusa, México, México.
- Gao, C.; Yi, X.; Huang, R.; Yan, F.; He, B. y Chen B. 2013. Alkaloids from Corals. *Chemistry & biodiversity* 10(8): 1435-1447.
- Gutiérrez, M.; Capson, T.; Guzmán, H.; González, J.; Ortega-Barría, E.; Quinoá, E. y Riguera, R. 2006. Antiplasmodial metabolites isolated from the marine octocoral *Muricea austera*. *J. Nat. Prod.* 69(10):1379-1383.
- Hernández, J.; D'Armas, H.; Ordaz, G. y Camacho, A. 2010. Identificación de algunos constituyentes químicos del extracto soluble en éter de petróleo del octocoral *Pseudopterogorgia acerosa* mediante CG/EM y su posible actividad biológica. *Ciencia*, 18(1): 26-33.
- Husein, A.; Ali-Shtayeh, M.; Jamous, R.; Jebril, W.; Abd-Aljapar, N. 2014. Phthalate derivatives are naturally occurring in *Arum palaestinum*. *Int. J. Curr. Res. Aca. Rev.* 2(9):195-203.
- Kate, A., Richard, K.; Ramanathan, B. y Kerr, R. 2010. A halogenated pseudopterane diterpene from the Bahamian octocoral *Pseudopterogorgia acerosa*. *Can. J. Chem.* 88(4):318-322.
- Lorenzo, M.; Cueto, M.; D'Croz, L.; Maté, J.; San-Martín, A. y Darias, J. 2006. Muriceanol, a 24(28)-epoxide sterol link in the carbon flux toward side-chain dealkylation of sterols. *Eur. J. Org. Chem.* 2006(3):582-585.
- Madubunyi, I. 1995. Antimicrobial activities of the constituents of *Garcinia kola* seeds. *Intern. J. Pharm.* 33: 232-237.
- Marcano, D. y Hasegawa, M. 2002. Fitoquímica orgánica. UCV. Litopar, Caracas, Venezuela.
- Marrero, J.; Rodriguez, I. y Rodriguez, A. 2010. The natural products chemistry of the gorgonian genus *Pseudopterogorgia* (Octocorallia: Gorgoniidae). *Comprehensive natural products II: chemistry and biology*. 1st edition. Edited by Mander L, Liu HW. Oxford: Elsevier. pp. 363-428.
- McLaughlin, J.; Chang, C. y Smith, D. 1991. "Bench-Top" bioassays for the discovery of bioactive natural products: an update, p. 383-409. In A. Rahman (ed). *Studies in natural products chemistry*. Elsevier Science, Amsterdam, Holanda.
- Namikoshi, M.; Fujiwara, T.; Nishikawa, T. y Ukai, K. 2006. Natural abundance ¹⁴C content of dibutyl phthalate (DBP) from three marine algae. *Mar. Drugs*. 4(1):290-297.
- Ordaz, G.; D'Armas, H.; Hernández, J. y Camacho, A. 2009. Identificación mediante CG/EM de algunos constituyentes con actividad biológica del extracto apolar del celenterado *Eunicea* sp. *Ciencia*, 17(3): 245-254.
- Ordaz, G.; D'Armas, H.; Yañez, D.; Hernández, J. y Camacho, A. (2010). Metabolitos secundarios, letalidad y actividad antimicrobiana de los extractos de tres corales y tres moluscos marinos de Sucre, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.*, 58(2): 677-688.
- Ordaz, G.; D'Armas, H.; Hernández, J.; Moreno, S.; Camacho, A. y Yañez, D. 2014a. Análisis por CG/EM y actividad antimicrobiana de algunas fracciones del extracto en acetato de etilo de *Pseudopterogorgia acerosa*. *Saber*, 26(1): 50-56.
- Ordaz, G.; D'Armas, H.; Moreno, S.; Camacho, A.; Yañez, D. y Hernández, J. 2014b.



- Constituyentes químicos y actividad antibacteriana preliminar de la fracción de acetato de etilo de *Eunicea* sp. *Ciencia*, 22(1): 28-36.
- Reina, E.; Puentes, C.; Rojas, J.; García, J.; Ramos, F.; Castellanos, L.; Aragón, M. y Ospina, L. 2011. Fuscocide E: a strong anti-inflammatory diterpene from Caribbean octocoral *Eunicea fusca*. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 21(19):5888-5891.
- Sarma, N.; Krishna, M.; Pasha, S.; Rao, T.; Venkateswarlu, Y. y Parameswaran, P. 2009. Marine Metabolites: The Sterols of Soft Coral. *Chem. Rev.* 109(6):2803-2828.
- Stephan, C.E. 1977. Methods for calculating in LC50, p. 65-84. In F. Mayer & J. Hamelink (eds.). American society for testing and material (ASTM) aquatic toxicology and hazard evaluation. American Society for Testing and Materials (ASTM). Filadelfia, Pensilvania, EEUU.
- Wei, X.; Nieves, K. y Rodríguez A. 2012. Bioactive diterpenoids from a Colombian gorgonian species of the genus *Eunicea*. *Pure & Applied Chemistry* 84(9): 1847-1855.



Evaluación química y citotóxica de los extractos de algunas rodofitas de la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela

Segnini de B., Mary Isabel¹, Brito, Leonor¹, D' Armas, Haydelba²

¹Laboratorio de Ecología Química, Departamento de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela.

²Laboratorio de Productos Naturales, Departamento de Química, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela.

E-mail: msegnini@gmail.com.

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar los componentes químicos y la citotoxicidad de los extractos obtenidos de las algas rojas *Gracilariopsis tenuifrons*, *Gelidium serrulatum*, *Euचेuma denticulatum* y *Kappaphycus alvarezii* provenientes del oriente de Venezuela. El material de las algas se lavó con abundante agua destilada, se deshidrató a temperatura ambiente a la sombra, y se pulverizó mecánicamente. Subsecuentemente, los constituyentes químicos fueron extraídos exhaustivamente con cloroformo, hexano y metanol. Posteriormente, a los extractos se les realizó un análisis químico para determinar las familias de compuestos químicos. La actividad citotóxica se evaluó *in vitro* frente a los gametos del erizo de mar *Echinometra lucunter* observando la formación o no del cigoto y posible inhibición mitótica de éste. Las concentraciones de los extractos fueron: 10, 25, 50, 125, 250 y 500 µg/ml. Los resultados mostraron la formación de la membrana de fecundación en un 80% después del cruce de los gametos tratados con los extractos de las algas. En los cigotos viables, el proceso de segmentación se vio alterado en la segunda división. Luego, se observaron alteraciones en el clivaje y en la fisiología del cigoto (células con diferentes densidades ópticas) y lisis celular por efecto de los extractos ensayados. La citotoxicidad de las diferentes algas frente a los gametos de *E. lucunter* presentó el siguiente orden: *K. alvarezii* > *G. serrulatum* > *G. tenuifrons* > *E. denticulatum*. Posiblemente, esta actividad se atribuya a la presencia de los metabolitos bioactivos presentes en los extractos de dichas rodofitas. Se puede inferir que las especies de macroalgas estudiadas podrían ser una fuente promisoría de sustancias bioactivas con potenciales aplicaciones farmacológicas.



Palabras clave

Toxicidad, erizo de mar, algas rojas, Venezuela

Introducción

Los productos naturales derivados de algas marinas, conforman una rica fuente de moléculas bioactivas diferentes a las obtenidas a partir de las plantas terrestres (Faulkner, 1992). Sin embargo, su comercialización y uso generalizado como drogas en la prevención y tratamiento de enfermedades todavía es muy escaso y se requieren pruebas de su bioactividad para llegar a tener un posible uso medicinal (Butler, 2005; Segnini 2007). La actividad biológica está definida como la capacidad de un producto natural para interactuar con los sistemas bioquímicos y/o fisiológicos de otros organismos. Para evaluarla se realizan bioensayos de citotoxicidad que sean sensibles, rápidos y económicos en las primeras fases, lo cual permite el descarte de productos sin actividad antes de realizar pruebas especializadas más costosas.

La especie *Echinometra lucunter* es un erizo de mar, perteneciente a la Clase Equinoidea, común y abundante en algunas zonas del litoral rocoso de Venezuela. Los equinoideos ejercen una influencia importante en el control de la estructura de la comunidad béntica sobre sustratos duros. Cambios en la densidad de equinoideos pueden afectar la distribución, abundancia, composición de especies y diversidad de las comunidades donde habitan. El erizo de mar es de fácil mantenimiento en el laboratorio e ideal para este tipo de prueba, pues la obtención de gametos y la fecundación de los óvulos en el laboratorio son relativamente simples. Este ensayo se utiliza para determinar el efecto de un compuesto químico sobre la capacidad fecundante del esperma de *E. lucunter*, en condiciones experimentales específicas. El procedimiento utilizado no simula exactamente las condiciones naturales de reproducción y fertilización de los erizos de mar. Sin embargo, es una prueba rápida y sensible que suministra información valiosa sobre un aspecto muy importante para la sobrevivencia de esta especie. *G. tenuifrons*, y *G. serrulatum* son especies nativas de algas tropicales de importancia comercial y productoras de agar. *K. alvarezii* y *E. denticulatum* son especies “exóticas” (productora de kappa carragenina), originarias de Filipinas que fueron introducidas en Venezuela en 1996, cultivándose 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 (Barrios, 1999; Rincones y Rubio, 1999). En tal sentido, el objetivo de este trabajo fue evaluar las respuestas más sensibles y tempranas a la exposición de los extractos en cloroformo, hexano y metanol de las algas marinas *G. tenuifrons*, *G. serrulatum*, *K. alvarezii* y *E. denticulatum* sobre los gametos del erizo de mar *E. lucunter*.



Materiales y métodos

Colecta y Tratamiento de las Muestras

Las algas se recolectaron en Guaranache (*K. alvarezii* y *E. denticulatum*), La Vega (*G. tenuifrons*) y Punta Guarapo (*G. serrulatum*), Península de Araya, estado Sucre, Venezuela, a la temperatura de 25°C y salinidad de 36 UPS. Posteriormente, se lavaron cuidadosamente para eliminar epífitos e impurezas, y se secaron a la sombra, a temperatura ambiente. A continuación, fueron molidas, maceradas con etanol, evaporándose a presión reducida con un rotaevaporador Büchi R-200 a 37 °C, consiguiéndose así el extracto crudo. Éste fue fraccionado mediante técnicas cromatográficas con disolventes de diferentes polaridades obteniéndose respectivamente, los extractos en metanol (MeOH), hexano (Hex) y cloroformo (CHCl₃) en las cuatro especies de algas estudiadas. Finalmente se hicieron las pruebas químicas de familias de compuestos químicos o metabolitos secundarios según la metodología de Marcano & Hasegawa (2002).

Prueba de Citotoxicidad

Se colectaron 15 ejemplares adultos de *E. lucunter* en la Ensenada de Turpialito, estado Sucre, Venezuela. Luego fueron llevados al laboratorio donde fueron aclimatados en acuarios de 60 L (4 organismo/L) a 25°C, 36 UPS de salinidad y 95% de saturación de oxígeno. Durante el período de experimentación, los erizos no se alimentaron. La obtención de los gametos de *E. lucunter* se realizó por estimulación química inyectándole a cada organismo 1 mL de KCl 0,5 M por la membrana peristomial. Después de la recolección de los gametos se procedió a realizar el bioensayo, colocando en viales 100 µl de esperma, 100 µl de agua de mar y 1800 µl de óvulos, lo cual constituyó el control de la prueba. Para el ensayo de toxicidad se utilizaron 25 mg de los extractos en metanol (MeOH), hexano (Hex) y cloroformo (CHCl₃) y se disolvieron en 2,5 ml de dimetilsulfóxido (DMSO), equivalente a una concentración de 10000 µg/ml. A partir de éstas se prepararon concentraciones de 500, 250, 125 y 50 µg/ml. Se realizaron 3 réplicas para el control y para cada una de las concentraciones. Además, un control con DMSO, ya que los extractos fueron disueltos en éste. Se verificó la viabilidad de los gametos, el proceso de fecundación, segmentación del cigoto en el control y simultáneamente, se observó el efecto de los diferentes extractos sobre el desarrollo embrionario de *E. lucunter*. Para la cuantificación del bioensayo (huevos sin fertilizar y cigotos divididos), se contaron bajo el microscopio binocular siete campos continuos/concentración/extracto/réplica. Además, se observó si existían o no alteraciones en su desarrollo embrionario.



Resultados y discusión

Las pruebas fisicoquímicas aplicadas a los extractos MeOH, Hex y CHCl₃ provenientes de las cuatro algas estudiadas se muestran en la Tabla I. En ella se observa que en todas las especies de rodofitas ensayadas se detectó la presencia de esteroides insaturados y de triterpenos pentacíclicos sólo en *K. alvarezii* y *E. denticulatum*, Los extractos resultantes de *G. tenuifrons*, *G. serrulatum* y *K. alvarezii* revelaron la presencia de polifenoles. Mientras, que los derivados de *K. alvarezii* mostraron la presencia de saponinas.

Tabla I. Pruebas químicas realizadas a los extractos de las algas *Gracilariopsis tenuifrons*, *Gelidium serrulatum*, *Kappaphycus alvarezii* y *Euchemia denticulatum*. Extractos en metanol (MeOH), hexano (Hex), cloroformo (CHCl₃). (-): No detectado, (+) Presente.

| EXTRACTO METABOLITO | <i>Gracilariopsis tenuifrons</i> | | | <i>Gelidium serrulatum</i> | | | <i>Kappaphycus alvarezii</i> | | | <i>Euchemia denticulatum</i> | | |
|---------------------------|----------------------------------|-----|-------------------|----------------------------|-----|-------------------|------------------------------|-----|-------------------|------------------------------|-----|-------------------|
| | MeOH | Hex | ClCH ₃ | MeOH | Hex | ClCH ₃ | MeOH | Hex | ClCH ₃ | MeOH | Hex | ClCH ₃ |
| Alcaloides | | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| Saponinas | - | - | - | - | - | - | + | + | + | | | |
| Esteroides Insaturados | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Triterpenos pentacíclicos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | + | + | + |
| Taninos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Polifenoles | + | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - | - |
| Antraquinonas | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Glicósidos cardiotónicos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Glicósidos cianogénicos | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

La identificación de familias de compuestos del tipo esteroides, triterpenos, polifenoles y saponinas revelaron la conexión entre la actividad determinada y su composición química.

El bioensayo de fertilización con gametos de especies nativas de erizo de mar, fue propuesto como un método científico, estandarizado (Jacobs *et al* 1981; Rangel *et al*, 2001). Durante la fertilización ocurre una serie de eventos que tienen como fin primordial la formación de un cigoto y el desarrollo de un nuevo



organismo (Figura 1), que en las diferentes especies de erizo se pueden monitorear fácilmente. Por lo tanto, el estudio de alteraciones en el desarrollo de los huevos de erizo de mar es un modelo conveniente para detectar las actividades citotóxicas, teratogénicas y neoplásicas de los nuevos compuestos. (Salamanca *et al*, 2006).

La citotoxicidad de las diferentes algas sobre los gametos de *E. lucunter* alteró en primer lugar la fecundación, ya que se observaron células sin membrana de fecundación. Posiblemente, el extracto tuvo efecto sobre algunos gametos ya que posteriormente, retardó las primeras divisiones mitóticas y alteró las etapas tempranas del desarrollo embrionario (Figura 2). Los metabolitos secundarios (saponinas, polifenoles, esteroides y triterpenos) presentes en estas algas fueron capaces de interactuar con los sistemas bioquímicos y/o fisiológicos de *Echinometra lucunter*, los cuales controlan las primeras divisiones mitóticas y el desarrollo temprano, incluyendo homeostasis de calcio intracelular, MPF (factor que promueve la mitosis), como también pudo actuar a nivel de la cubierta vitelina (membrana que recubre el óvulo), no bloqueando la poliesperimia.

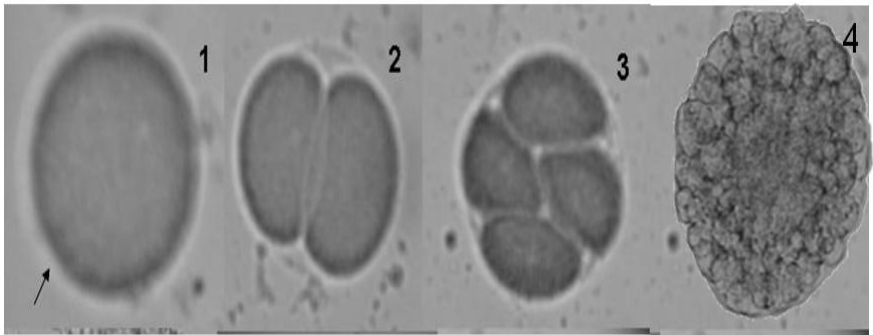


Figura 1. Desarrollo temprano del erizo de mar, *Echinometra lucunter*, muestra: cigoto (1) con la membrana de fertilización (flecha), división en 2 y 4 blastómeras (2 y 3) y blástula (4) . Nótese el proceso normal de segmentación del cigoto.



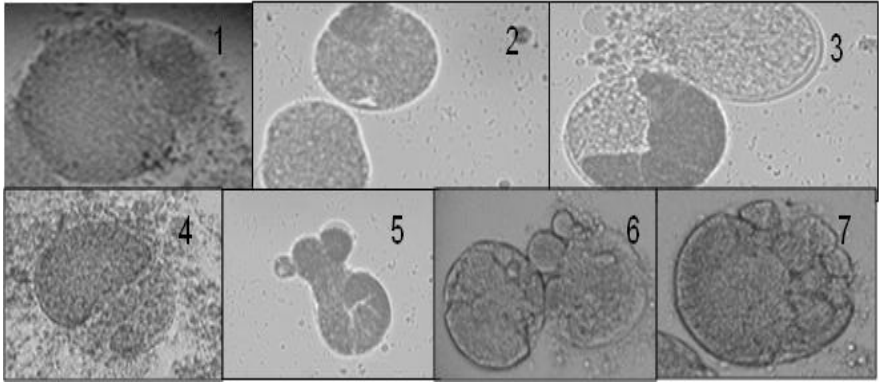


Figura 2. Desarrollo embrionario del erizo de mar, *E. lucunter*, tratado con el extracto de las algas. Muestra: la no sincronización en el proceso de segmentación (1-7), blastómeras de diferentes densidades ópticas (1 y 3), citólisis celular (3) y formación de blástula con alteraciones en el clivaje (6 y 7). Nótese el efecto del extracto en la división celular.

Díaz *et al.* (2006) señalaron que de ocho especies de macroalgas evaluadas, solamente el alga parda *Dictyota pulchella* mostró diferencias significativas en el porcentaje de huevos fecundados tratados con el extracto con respecto a los controles, en los cigotos, estadios IV y XVI, células y no divididos. Sin embargo, en todos los casos no existió un efecto retardante de la mitosis. Se puede señalar con respecto a la citotoxicidad de los extractos de las macroalgas evaluadas en este experimento que existen suficientes evidencias para calificar a los extractos como citotóxicos, dado gran el número de cigotos no divididos y anormales observados. Trabajos realizados con estas mismas algas mostraron actividad antibacteriana y toxicidad ante los nauplios de *Artemia salina* (Cordero, 2003; Brito y Crescente 2009). Las especies *Kappaphycus alvarezii* y *Euchema denticulatum* mostraron ser tóxicas frente a *Daphnia magna* y tienen un efecto piscicida frente a *Cyprinodon dearboni* (Segnini de B., 2007). En cuanto al impacto que generan estos resultados, se ha propuesto que las sustancias que muestran actividad antimitótica sobre huevos fertilizados de erizos marinos también podrían inhibir el crecimiento de tumores en humanos (Rangel *et al.*, 2001).

Conclusiones

Los resultados de este estudio constituyen un criterio para seleccionar las especies con mayor potencial, en las cuales se deben centrar estudios posteriores en productos naturales marinos y farmacología, utilizando líneas celulares de cáncer específicas en humanos o en otros mamíferos. Por tanto, se puede considerar que las especies *G. tenuifrons*, *G. serrulatum*, *K. alvarezii* y *E.*



denticulatum son potencialmente importantes para la farmacología ya que sus extractos inhiben y retardan la divisiones celulares a partir del segundo estadio, es decir actúan como agente antimitótico hasta ese clivaje, pero después se comportan como agentes que deterioran de manera irreversible los núcleos celulares (intervienen en la no sincronización en el proceso de segmentación, en la fisiología blastómeras de diferentes densidades ópticas, producen citólisis celular y formación de blástula con alteraciones en el clivaje).

Referencias

- Barrios, J. 1999. La introducción de *Eucheuma denticulatum* y *Kappaphycus alvarezii* (Gigartinales, Rhodophyta) en Venezuela: una revisión crítica. FONTUS 4: 135-153.
- Brito, L. y O. Crescente. 2009. Actividad antimicrobiana de macroalgas marinas del Oriente de Venezuela. Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, 48 (1): 29-33.
- Butler, M.S. 2005. Natural products to drugs: natural products derived compounds in clinical trials. Natural Products Reports, 22: 162 - 195.
- Cordero, J. 2003. Actividad antimicrobiana, biotóxica y análisis químico de extractos de las algas rojas *Bryocladia thyrsgera* (Ceramiales: Rhodomelaceae) e *Hydropuntia pauciramosa* (Gracilariales: Gracilariaceae) procedentes de “El Rincón de Araya”, Edo. Sucre, Venezuela. Trabajo de Grado para obtener el título de Magister Scientiarum en Ciencias Marinas. Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela, 56 pp.
- Díaz M., G., Bula-Meyer, S. Zea y A. Martínez. 2006. Ensayos de actividad biológica y ecología química de extractos orgánicos de macroalgas del Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras. INVEMAR, 35(1): 241-247.
- Faulkner, D. 1992. Marine natural products: metabolites of marine algae and herbivorous marine mollusks. Natural Products Reports, 19: 1-48.
- Jacobs, R., S. White y L. Wilson. 1981. Selective compound derived from marine organisms: effects on cell division in fertilized sea urchin eggs. Federation Proceedings, American Societies for Experimental Biology; American Physiological Society, 40(1):28-31.
- Marcano D. y M. Hasegawa. 2002. Fotoquímica Orgánica. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 588 p.
- Rincones, R. y J. Rubio, J. 1999. Introduction and commercial cultivation of the red alga *Eucheuma* in Venezuela for the production of phycocolloids. World Aquaculture, 30: 57-61.
- Rangel, M., B. de Sanctis, J. de Freitas, J. Polatto, A. Granato, R. Berlinck y E. Hajdu. 2001. Cytotoxic and neurotoxic activities in extracts of marine



- sponges (Porifera) from the southeastern Brazilian coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 262(1): 31-40.
- Salamanca, A.M., C. Fonseca, L. Renjifo y C. Duque. 1996. Aislamiento y determinación de la CL 50 y la actividad antitumoral del (+)- curcufenol y (+)- curcudiol de la esponja *Didiscus oxeata*. En: X Seminario Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Octubre 28-31. Resúmenes. Bogotá. p. 28-31.
- Segnini de Bravo, M. I. 2007. Evaluación de la actividad biológica y determinación de los mecanismos de acción primaria de extractos orgánicos obtenidos de *Eucheuma denticulatum* (Gigartinales, Rhodophyta) y *Fagara monophylla* (Rutaceae) en varios organismos. Tesis Doctoral. Ciencias, Zoología, Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. 133 pp.



Efecto del almendro (*Terminalia catappa*, Linneo, 1767) en las condiciones del agua

Vargas C. R.

Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Apartado postal 429-2070.

E-mail: ruth.vargas@ucr.ac.cr

Resumen

El objetivo preliminar fue determinar bajo condiciones de laboratorio el efecto del lixiviado de hojas deshidratadas de almendro *Terminalia catappa* en los cambios físico-químicos y microbiológicos de agua proveniente de un tanque de 130 litros en el que se mantuvieron dos tortugas *Trachemys scripta* (Schoeppf, 1792) de una biomasa de 4 Kg. Para asegurar mayor carga microbiana y turbidez, no se recambió ni oxigenó durante 8 días, previos a la recolección de 1,5 l; utilizados para determinar pH, dureza general (DG) y dureza alcalina (KH) y recuento total de unidades de colonias (UFC) aerobias en dos muestras de 200 cc; a una de las que se le adicionó 0,1 g de hoja de almendro. Los análisis se hicieron a los 30 minutos posteriores a la incorporación de la muestra de *T. catappa*, a los 3 días y al día 10. Hubo cambios incrementales en la coloración desde iniciada la prueba generando un color ámbar al final que dificultó las lecturas de GH y KH. Aparentemente la dureza carbonatada se redujo en ambas muestras, mientras que la lectura de dureza total fue errática. El pH del agua basal de 7,10 se incrementó a los 3 días en la muestra control como la que contuvo el almendro (7,62 y 7,75 respectivamente), ambas sufrieron una reducción a los 10 días, siendo mayor la variación en el agua basal versus el del tratamiento (6,64 contra 7,59). El recuento microbiano, sufrió una reducción del día 0 de $9,8 \times 10^8$ UFC/ml a los 3 días en ambas muestras; a los 10 días las UFC en la muestra con almendro no solo fue mayor que en el control, sino que tuvo un repunte con respecto a la segunda lectura $7,2 \times 10^5$ UFC/ml versus $5,9 \times 10^4$ UFC/ml. Es necesario establecer algún protocolo que incluya la cuantificación y tipificación de los componentes del lixiviado tales como taninos y alcaloides (señalados como mejoradores del agua) o utilizar un procedimiento alterno, que involucre la utilización de estas familias de químicos (grado reactivo), agregados a acuarios de laboratorio para valorar el efecto directo en la sobrevivencia de pececillos.



Palabras Clave

Calidad del agua, almendro, recuento microbiano, tortugas *Trachemys scripta*

Introducción

Dados los diversos usos terapéuticos de muchas partes de variadas plantas según Russo y Speranza 2001), tanto en humanos como animales (Charng-Cherng, 2002; Hernández, 2003; Ruiz, 2009; Peña *et al.*, 2013), es relativamente poca la investigación que ha generado información sobre su validez y sobre cuál es la mejor manera de sustraer los compuestos activos sobre todo en algunas áreas del conocimiento.

En el caso del almendro *Terminalia catappa* son varias las sustancias que han sido extraídas, tales como taninos (Galacia y Nolasco, 2006) ; específicamente de sus hojas compuestos como los carotenoides: violaxantina, violeoxantina, epóxido de luteína, luteína, zeaxantina y β -cryptoxantina, siendo mayoritaria la zeaxantina con un 51,56% y β -cryptoxantina con 32,57% según (López, 2001) y López *et al.* (2007); phytol y ácido hexanoico, este último específicamente en los frutos según (Pineda *et al.* 2010); compuestos terpénicos, flavonoides y alcaloides (Ruíz *et al.*, 2013).

Bajo este marco de referencia, las hojas del almendro han sido usadas según (Ruiz *et al.*, 2009), en humanos como hipotensor, para la diarrea y como hipocolesterolémico, así como base para el desarrollo futuro de formulaciones con propiedades antioxidantes (Charng-Cherng, 2002; Hernández, 2003; Calderón *et al.*, 2013); para prevenir la diabetes (Ferrerira *et al.*, 2012); incluso ha sido investigado como fuente natural de antimutagénicos para la prevención del cáncer según Ting-Fu Ko (2003); así como antiestafilocócico (Ruiz *et al.*, 2013).

En el campo de la producción animal se ha propuesto el posible aprovechamiento de las semillas e inclusión en alimentos concentrados para la alimentación animal considerando su composición química con 24 % de proteína, 54% de grasa y 12% de fibra (Arrázola *et al.*, 2008).

En la producción de peces ornamentales, es común encontrar muchísimas comunicaciones en la *web log*, conocida como *blogs* de los *acuaristas* que han seguido un mismo patrón de presentación de beneficios y recomendaciones sobre la utilización de las hojas de este árbol. Entre ellas: ha mejorado las condiciones del agua, ha prevenido la enfermedad de los peces discos (hexamitiasis), ha controlado la proliferación de hongos en los huevos de las puestas de peces disco y otros ovíparos. Asimismo ha evitado muertes masivas y repentinas de alevines de peces tropicales causados por ataques de saprolegnia.

En lo que a producción de peces para consumo humano se refiere, especialmente en piscifactorías con sistema intensivos en los que se pierde gran cantidad de alevines en la fase de inversión sexual, resultaría importante la utilización de



productos que mantengan las condiciones del medio o bien en aquellos sistemas que pretenden utilizar aguas residuales porcinas en las que las cargas de son tan altas como $2,3 \times 10^7$ UFC/ml (Cruz *et al.*, 1997).

En este sentido, incluso es posible encontrar en los *blogs* beneficios que indican que: *Ahuyenta algunos parásitos externos comunes en peces tropicales, previene las enfermedades bacterianas como la podredumbre de las aletas y la columnaris y es muy efectivo en la recuperación de aletas y heridas después de transportar los peces, utilizando una hoja por cada 50 litros de agua* según Azuara (2009).

Entre los fundamentos sobre estos beneficios se ha citado que son los taninos conjuntamente con el ácido hexanoico encontrados en sus hojas, los que favorecen por espacio de 20 días el mantenimiento de las condiciones del medio debido a la reducción del pH y con ello el equilibrio de la población bacterial. Asimismo que el almendro al mejorar la calidad del agua ha favorecido la producción de infusorios que sirven de alimento para los animales. Es decir que la recomendación en estos espacios de comunicación informal se ha referido al uso del almendro con los animales dentro del acuario.

Difícilmente estas fuentes de información se refieren a estudios técnicos que soporten tales aseveraciones. Igualmente no se reportan validaciones de los protocolos de uso que incluyan análisis de laboratorio. Lo que sí es posible constatar es que este producto se comercializa en estado deshidratado en Europa, en las tiendas dedicadas a esta actividad o bien por *internet*, si bien las investigaciones hacen referencia a diversos medios extractivos de los principios activos, como extractos etanólicos (Ruiz, *et al.*, 2013) e hidroalcolícos (Calderón *et al.*, 2013; Ruiz *et al.*, 2013).

Aún así y al igual que con el uso de las plantas medicinales, el uso del almendro representa una opción valedera como alternativa ante el uso de químicos convencionales que permitan reducir el pH y con ello la carga microbiana, tales como ácidos orgánicos y ozono (Chaves *et al.*, 2004); pero es necesario conocer sus principios activos, modos de preparación adecuados, dosificación correcta y tener en cuenta que las plantas eventualmente pueden tener sustancias tóxicas. Lo anterior dada la importancia del ambiente (calidad del agua) como parte de los factores que pueden influir para que se manifiesten las enfermedades en las especies acuícolas, las que se presentan regularmente en un curso muy rápido, de acuerdo a lo indicado en Sagarpa (2012).

Considerando también que el crecimiento de la mayoría de los microorganismos se da a valores en torno a 7,0, siendo pocos los que crecen por debajo de 4,0 y que éstos realizan funciones geoquímicas según Andino y Castillo (2010); es importante evaluar, a escala piloto y haciendo uso de un procedimiento económico, repetible, sistemático y sencillo, cómo influye en primera instancia el lixiviado de las hojas de almendro en el agua que lo contiene; no solo por la salud de los animales, sino eventualmente para los productos que de ellos se deriven, siendo además la evaluación del conteo de unidades formadoras de



mesófilos aerobios un indicador del medio fácil y sencillo como prevención de riesgos, con base en Andino y Castillo (2010).

Materiales y métodos

En el mes de mayo de 2011 en la región de Buenos Aires de Upala, Costa Rica, se recolectaron de 4 árboles de almendro *Terminalia catappa* 35 hojas grandes y verdes del dardo en estado fresco en una bolsa de papel con base en Camarena (2011). Se deshidrataron y almacenaron a 40 °C hasta la pérdida total de la humedad. Una vez troceadas se guardaron en una bolsa plástica cerrada herméticamente.

En junio de 2012, de un estanque de aproximadamente 35 galones de agua en las que se mantuvieron durante 8 días sin recambio y sin oxigenación dos especímenes de tortugas *Trachemys Scripta Scripta* para una biomasa de más de 4 Kg, se recolectó 1, 5 litros de agua. De ésta, se separaron dos muestras de 200 ml: agua basal (AB) y otra conteniendo además 0.1 gramo de almendro (AA).

Al momento de iniciar el estudio, a la muestra (AB) se le determinó el pH, la dureza general (GH), la dureza alcalina (KH) y se enviaron 80 ml al Laboratorio de aguas de la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica para la determinación del Recuento Total Aerobio Mesófilo.

Después de 30 minutos de haber agregado el almendro la muestra (AA) fue sometida a determinación de algún cambio de su coloración, evaluación que se repitió conforme transcurrió el ensayo. Ambas muestras (AA y AB) permanecieron sin tapar bajo condiciones de laboratorio (23 °C) para realizarles nuevamente los análisis indicados a los 3 y 10 días posteriores.

En la determinación del pH se utilizó un potenciómetro de laboratorio OAKTON, mientras el GH y el KH se determinaron por colorimetría con un kit comercial que utilizan los *acuaristas*.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se compara el pH a través del tiempo del agua basal (AB) al momento de iniciar el ensayo (7,10) contra el efecto de adicionarle el almendro (AA) durante el periodo de prueba. En ambas muestras a los 3 días se encontró un incremento en éste parámetro (7,62 y 7,75 respectivamente) condición que cambió a los 10 días, momento en el que hubo una reducción, siendo mayor el cambio para AB (6,64) con respecto a la muestra AA (7,59); en todo caso todos los valores encontrados al tercer y décimo día superaron la acidez del agua basal al día 0. Esto se contrapone a lo informado en los *blogs de acuaristas* en los que se menciona una reducción del mismo según Azuara (2009).



Tabla 1. Valor de pH obtenido a través del tiempo en agua basal versus agua con almendro.

| No. Muestra | Análisis de pH | | |
|---------------------------|----------------|------|------|
| | Días | | |
| | 0 | 3 | 10 |
| AB (agua basal) | 7,10 | 7,62 | 6,64 |
| AA (con hoja de almendro) | ----- | 7,75 | 7,59 |

Al analizar los valores de dureza carbonatada y dureza total de las Tablas 2 y 3 las lecturas iniciales tienen correspondencia con aguas blandas y guardan para el caso de la muestra AB, correspondencia con el incremento del pH; sin embargo tanto esta lectura como la de dureza total fueron realizadas con *kits* comerciales, tales como los que usan los acuaristas y además la tonalidad amarillenta que genera la hoja de almendro impide realizar una lectura objetiva, por lo que se concluye que esta metodología empleada no es la conveniente.

Tabla 2. Valor de dureza carbonatada obtenida a través del tiempo en agua basal versus agua con almendro.

| No. Muestra | Análisis de KH mg/l | | |
|---------------------------|---------------------|----|----|
| | Días | | |
| | 0 | 3 | 10 |
| AB (agua basal) | 50 | 40 | 20 |
| AA (con hoja de almendro) | ----- | 40 | 30 |

Tabla 3. Valor de dureza total obtenida a través del tiempo en agua basal versus agua con almendro.

| No. Muestra | Análisis de GH mg/l | | |
|---------------------------|---------------------|----|----|
| | Días | | |
| | 0 | 3 | 10 |
| AB (agua basal) | 40 | 60 | 40 |
| AA (con hoja de almendro) | ----- | 60 | 60 |

Considerando que en la metodología de análisis no se incluyeron animales que alteran el medio no solo por sus desechos, sino por exceso de alimento en el agua, los resultados de la Tabla 4 corresponden únicamente a la dinámica de la alta población microbiana inicial ($9,8 \times 10^8$ UFC/ml) versus el acondicionamiento que eventualmente provoque el almendro o en su defecto a déficit de nutrientes para la reproducción de microorganismos.

En ambas muestras se encontró que la población de bacterias formadoras de colonias se redujo sustancialmente con respecto a la población contenida en el agua basal ($9,8 \times 10^8$) al inicio del ensayo (día 0) asociado a un incremento del pH, conforme transcurrió el tiempo, siendo que nuevamente se contraponen a lo indicado en los *blogs de acuaristas* en los que se indica una reducción bacteriana asociada a una reducción del pH.



Por el contrario, dicho comportamiento tiene un comportamiento inverso a la determinación de la acidez, tanto en la muestra basal como en la que contuvo el almendro, ya que para ambas al día 3 se obtuvieron los menores valores de UFC/ml, asociados a los mayores valores de pH. De igual forma, al día 10 y en ambas muestras hubo un incremento en éstas asociado a una reducción del pH con respecto al día 3, pero mayor al día de inicio.

Lo encontrado en este ensayo por el contrario, guarda concordancia con lo determinado por Cruz *et al* (1997) en aguas residuales versus excreta sólida de porcinos, donde el pH determinado fue de 6,9 y un conteo de $2,3 \times 10^7$ y 7,6 de pH con $7,2 \times 10^7$ por gramo respectivamente.

En la muestra basal (AB) se obtuvo al final del ensayo el menor valor de pH, sin embargo las bacterias aerobias no lograron superar su población con respecto al día 3, posiblemente a que en esta etapa del ensayo la cantidad de UFC/ml ($6,8 \times 10^2$) y a las condiciones del mismo fueron incapaces de reproducirse, siendo además mayor la concentración en el agua con almendro (AA) que en el AB en dicha lectura. De ahí que no es posible bajo estas circunstancias, indicar que la menor cantidad de bacterias formadoras, con respecto al momento 0, tenga correspondencia con algún efecto del mismo.

Tabla 4. Valor de recuento total aerobio obtenido a través del tiempo en agua basal versus agua con almendro.

| No. Muestra | Análisis de Recuento total aerobio UFC/ml ¹ | | |
|---------------------------|--|-------------------|-------------------|
| | Días | | |
| | 0 | 3 | 10 |
| AB (agua basal) | $9,8 \times 10^8$ | $6,8 \times 10^2$ | $6,0 \times 10^4$ |
| AA (con hoja de almendro) | | $5,9 \times 10^4$ | $7,2 \times 10^5$ |

Realizado en: Laboratorio de Microbiología de Aguas de la Facultad de Microbiología de la Universidad de Costa Rica

Al relacionar el incremento de pH y la reducción microbiana de cara al comportamiento normal de las poblaciones microbianas en las que después de la fase lag hay un crecimiento exponencial y luego una fase estacionaria para al final sucumbir según Andino y Castillo (2010); se podría interpretar que el periodo de 3 días fue excesivamente prolongado y que el comportamiento de la población microbiana respondió a una reducción de los nutrientes que dieron soporte al alto contenido de UFC al inicio del ensayo y por tanto al no haber metabolitos que incrementasen la acidez, más bien se produjeron otros que la redujeron; situación sin embargo poco clara dado que al día 10 el pH del agua basal se redujo con respecto al día 0. Por tanto, la determinación en este ensayo quizá haya correspondido a la fase estacionaria, previa a la fase de muerte. Además de ello y dado que no hay estadística, tampoco se puede argumentar que el almendro haya provocado alteración alguna. Según Ruiz (2013) no hay efecto significativo contra las biopelículas de *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* a partir de extractos etanólico e hidroalcohólico de las hojas de esta planta, siendo que en este ensayo se utilizó la hoja completa.



Conclusiones

La hoja de almendro no causó una reducción del pH, por el contrario incrementó conforme transcurrió la prueba.

La población inicial de bacterias formadoras de colonias en el agua del estanque utilizada en el ensayo no es estable a través del tiempo y sin aparente relación con la adición de hojas de almendro; siendo que su reducción podría deberse más bien a agotamiento de nutrientes.

La metodología colorimétrica para determinar dureza total y dureza carbonatada no es funcional con el uso de plantas que hagan cambiar la coloración del agua.

Es importante incluir otras evaluaciones como nitritos y nitratos, específicamente cuando se analiza agua proveniente de un estanque, así como la curva de oxígeno disuelto.

Se recomienda un procedimiento que incluya, la determinación total de taninos y de alcaloides que eventualmente sean los que suscitan la reducción de microorganismos.

Un procedimiento alterno sugiere utilizar acuarios con pececillos e incorporar en ellos familias de estos químicos (taninos) que permitan valorar su efecto directo en la sobrevivencia de los animales, conjuntamente con los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua.

Referencias

- Andino, F; Castillo, Y. 2010. Un enfoque práctico para la inocuidad alimentaria. Páginas 1-63. En Curso Microbiología de los alimentos. Estelí. Nicaragua.
- Arrázola, G; Buelvas, H; Arrieta, Y. 2008. Aprovechamiento de las características nutricionales del almendro de la India (*Terminalia catappa* L.) como suplemento en la alimentación animal. Rev.MVZ Córdoba 13(1): 1205-1214.
- Azuara, J. 2009 Hoja de almendro para mis peces disco. (*Terminalia catappa*). (En línea). Consultado 15 mayo 2012. Disponible en <http://sunlight-aquarium.blogspot.com/2009/07/hoja-de-almendro-para-mis-peces.html>
- Calderón, A; Torres, P; Prete, O. 2013. Effect of hydroalcoholic extract of *Terminalia catappa* L (Combretaceae) son free radicals induced in rat brain. The Biologist, 11(2),jul-dec:267-275.
- Camarena, G. 2011. Toma de muestras e interpretación del análisis foliar. Sistema interactivo de apoyo al riego. Guías y Manuales de Terreno.. Consultado: 30 de julio del 2012. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/57249008/analisis-foliar>
- Chang-Cherng, C; Shu-Yao, T; Pei-Tzu, K; Jeng-Leun, M. 2002. Antioxidant properties of solvent extracts from *Terminalia catappa* leaves. Food Chemistry 78: 483-488
- Chaves, A; Darío, I; Galvis, B; Mercado, M; Carrascal, A. 2004. Producción de agua electrolizada para eliminación de microorganismos en lechuga. Revista de la Facultad de Ciencias Pontificia Universidad Javeriana Vol. 9, 91-100.



- Ferrerira, A; Costa, D; Sant Ana, A; Humbertp, M; Grillo, L. 2012. Study the extract of *Terminalia Catappa* linn. on diabetes in rats. Páginas 124 en XIX° Silae Congreso Fernando Cabieses Molina. Villasimius, Cagliari – Italy).
- Galicia, V; Nolasco, D. 2006. Determinación de taninos en corteza y hojas de *Tamarindus indica* (Tamarindo), *Terminalia catappa* (Almendro), *Spondias purpurea* (Jocote). Universidad de El Salvador. San Salvador. El Salvador. 98p.
- Hernández, M; García, L; Rojo, D; Olivares, D. 2003. Almendro de la India: potencial biológico valioso. Rev Cubana Invest Biomed 22(1):41-7.
- López, E. 2001. Identificación y estabilidad de pigmentos carotenoides y flavonoides extraídos de hojas de almendro (*Terminalia catappa*) procedentes del estado de Tabasco. Tesis. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 225p.
- López, E.; Aparicio, A.; Valadez, A. 2007. Estudio de la estabilidad del aceite de ajonjolí (*Sesamun orientale* L) empleando carotenoides procedentes de hojas de almendro (*Terminalia catappa*) como antioxidantes. Páginas 2001-2005. IX Congreso de Ciencia de los Alimentos y V Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Tabasco. México.
- Pineda, L; Rojas, L; Carmona, J; Usubillaga, A. 2012. Estudio de los componentes volátiles de la *Terminalia catappa* Linn. Páginas 276 en XIX° Silae Congreso Fernando Cabieses Molina. Villasimius, Cagliari – Italy.
- Peña, N; Vargas, R; Varela, A. 2013. Productos naturales como estimuladores del sistema inmunológico de *Litopenaeus vannamei*, infectado con *Vibrio parahaemolyticus*. Agronomía Mesoamericana 24(1):133-147.
- Rodríguez, R. 2010. Consumo de hojas jóvenes de roble (*Quercus pyrenaica*) por el ganado vacuno: aspectos nutricionales e intoxicación. Instituto de Ganadería de Montaña. Consejo superior de Investigaciones Científicas. (CSIC) Universidad de León.
- Ruiz, J; Roque, M. 2009. Actividad antimicrobiana de cuatro plantas del nor-oriente peruano. Tesis. Instituto en Química Biológica, Microbiología y Biotecnología Marco Antonio Garrido Malo. Facultad de Farmacia y Bioquímica, UNMSM. Perú.
- Ruiz, J; Roque, M; Salazar, M; Gamarra, G; Arias, G; Y Whu, D; Acosta, E; Ires, J; Guadalupe, L; Llahuilla, J; Solís, D; Basualdo, G; Santa Cruz, O. 2013. Actividad antiestafilocócica y antibiopelícula de los extractos de *Juglans neotropica* Diels, *Piper lineatum* Ruiz & Pav. Y *Terminalia catappa* L. Ciencia e Investigación 16(1):32-37.
- Russo, R; Speranza, M. 2001. *Terminalia arjuna* (Combretaceae) y otras especies del género: mitos, realidades y oportunidades en la terapia cardiovascular. Rev. Costarric. cardiol vol.3 San José Dec.
- Sagarpa. 2012. Criterio Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. Comité Sistema Producto Tilapia de México AC. México. 184p.
- Ting-Fu Ko,† Yih-Ming Weng,† Shwu-Bin Lin,§; Robin Y.-Y. Chiou. 2003. Antimutagenicity of Supercritical CO2 Extracts of *Terminalia catappa* Leaves and Cytotoxicity of the Extracts to Human Hepatoma Cells J. Agric. Food Chem 51, (12) PP 3564-3567.



Actividad letal de los extractos metanólicos de macroalgas marinas del oriente de Venezuela

Brito, Leonor.¹, Segnini, Mary I.¹, D' Armas, Haydelba.²

¹Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela.

²Laboratorio de Productos Naturales, Departamento de Química, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela.

E-mail: leonorbritolara@gmail.com

Resumen

Las macroalgas marinas tropicales han demostrado ser una fuente natural rica en compuestos bioactivos con potencial biomédico. El objetivo de este trabajo fue determinar la actividad letal en los extractos metanólicos de cuatro especies de algas rojas provenientes del oriente de Venezuela. Las algas fueron secadas a temperatura ambiente y a la sombra, molidas y maceradas con metanol. Luego, por presión reducida se obtuvo el extracto metanólico de cada una. La actividad letal se determinó frente a nauplios de *Artemia salina* mediante el cálculo de la concentración letal media (CL₅₀). Los resultados obtenidos indican que en los extractos metanólicos de las rodofitas evaluadas se obtuvieron valores de CL₅₀ de 5,53 µg/ml para *Kappaphycus alvarezii*, de 20,19 µg/ml para *Euचेuma denticulatum*, de 55,03 µg/ml para *Gracilariopsis tenuifrons* y de 212,62 µg/ml para *Gelidium serrulatum*, indicando que estas especies mostraron actividad letal significativa frente a *A. salina*, ya que los valores de CL₅₀ fueron menores de 1000 µg/ml (CL₅₀ < 1000 µg/ml), por lo tanto, estas rodofitas presentan compuestos bioactivos, los cuales pudieran ser utilizados como mecanismos de defensa frente a depredadores y patógenos presentes en el medio. Es de hacer notar que en el análisis fitoquímico realizado, en todas las especies de algas estudiadas se logró detectar la presencia de esteroides insaturados, quizás éstos sean los responsables de la actividad letal mostrada por estas algas.

Palabras clave

Algas rojas, extractos, letalidad, Venezuela



Introducción

Los ambientes marinos, particularmente en los trópicos, tienen mayor riqueza de especies que los bosques tropicales. Esta diversidad de especies son capaces de producir una amplia variedad de compuestos químicos con estructuras y funciones únicas, y muchos de éstos pueden ser usados para el desarrollo de nuevas drogas. Entre estas especies, las macroalgas marinas exhiben una gran fuente potencial de nuevos compuestos bioactivos y es bien conocido que éstas los sintetizan con diversas actividades, y en las últimas tres décadas se han incrementado las investigaciones referentes a este tópico. Se ha señalado que muchos de estos metabolitos poseen actividad antibacteriana, antifúngica, antiviral, antitumoral (Guedes *et al.* 2014). Las capacidades metabólicas y fisiológicas de los organismos marinos que les permiten sobrevivir en un hábitat complejo les confieren un enorme potencial para la producción de metabolitos únicos que no se encuentran en ambientes terrestres. Así, los organismos marinos y particularmente los sésiles han sido reconocidos como una fuente atractiva de potenciales compuestos farmacéuticos (Faulkner, 2002). Entre estos organismos, las algas se reconocen también como una de las fuentes más ricas en nuevos compuestos bioactivos de las cuales se han publicado revisiones sobre la actividad biológica de sus productos derivados (Blunt *et al.* 2006). En nuestro país son muy pocas las especies marinas que han sido estudiadas desde el punto de vista químico, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar la actividad letal frente a *A. salina* en los extractos metanólicos de las especies de algas rojas marinas *K. alvarezii*, *E. denticulatum*, *G. tenuifrons* y *G. serrulatum* provenientes del oriente de Venezuela.

Materiales y métodos

Las especies de algas rojas estudiadas *K. alvarezii* y *E. denticulatum* fueron recolectadas en Guaranache, *G. tenuifrons* en La Vega y *G. serrulatum* en Punta Guarapo, localidades ubicadas en la Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Fueron secadas a temperatura ambiente y a la sombra, molidas y maceradas con metanol. Luego, por presión reducida se obtuvo el extracto metanólico de cada una. La determinación de las familias químicas de compuestos se realizó siguiendo la metodología señalada por Marcano y Hasegawa (2002). Para la actividad letal se siguió el procedimiento indicado por Meyer *et al.* (1982) utilizando nauplios de *Artemia salina* a concentraciones sucesivas de 1000, 100, 10, 1, 0,1, y 0,01 µg/ml. Luego de transcurridas 24 horas, con ayuda de una lupa estereoscópica se observó la mortalidad de las larvas y se procedió a calcular la Concentración Letal Media (CL₅₀) a intervalos de confianza de 95% según el programa de Stephan (1977). Para definir el grado



de toxicidad de los extractos se tomó en consideración los valores de CL_{50} obtenidos, según las categorías señaladas por Valdés-Iglesias *et al.* (2003): extremadamente tóxico ($CL_{50} < 10 \mu\text{g/ml}$), muy tóxico ($10 < CL_{50} < 100$), moderadamente tóxico ($100 < CL_{50} < 1\ 000$) y no tóxico ($CL_{50} > 1\ 000 \mu\text{g/ml}$).

Resultados y discusión

En la Tabla 1 podemos observar que los valores de CL_{50} obtenidos de los extractos metanólicos de las especies de algas estudiadas están en el rango señalado por Meyer *et al.* (1982) ($CL_{50} \leq 1000 \mu\text{g/ml}$) para considerar que éstos presentan actividad letal. Se evidencia que el extracto más letal fue el de *K. alvarezii* exhibiendo un valor menor de $10 \mu\text{g/ml}$, luego siguen *E. denticulatum* y *G. tenuifrons* cuyos valores de CL_{50} fueron mayores que 10 y menores que $100 \mu\text{g/ml}$, respectivamente, por lo que son consideradas como muy tóxicas, mientras que *G. serrulatum* es definida como moderadamente tóxica ($CL_{50} < 100 \mu\text{g/ml}$). Existen suficientes estudios relacionados con la toxicidad de macroalgas marinas frente a nauplios de *A. salina*. Así tenemos, Guedes *et al.* (2014) en los extractos crudos en diclorometano, metanol, etanol y agua de las especies *Ulva lactuca* (Chlorophyta), *Padina gymnospora*, *Sargassum vulgare* (Phaeophyta), *Hypnea musciformis*, *Digenea simplex* (Rhodophyta) y las fracciones en cloroformo y hexano de los extractos de *H. musciformis* y *P. gymnospora* reportaron que los extractos crudos no fueron tóxicos a *A. salina*, mientras que las fracciones en cloroformo y hexano de *P. gymnospora* ($788.277 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ y $706.990 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$) mostraron toxicidad moderada, indicando que los compuestos tóxicos presentes en estas algas son no polares. Así mismo, Lhuillier *et al.* (2006) ensayaron 26 extractos etanólicos de especies de macroalgas rojas, pardas y verdes en el estado de Santa Catarina, Brasil, y probaron su letalidad usando larvas de *A. salina* y encontraron que 25 especies tenían toxicidad significativa, particularmente *Acanthophora spicifera*, *Galaxaura marginata*, *Gracilaria dominguensis*, *Pterocladia capillacea*, *Padina gymnospora*, *Ectocarpus breviarticulatus*, *Chaetomorpha antennina*, y *Codium decorticatedum* ($50 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$). Los resultados obtenidos indican que los extractos metanólicos de las especies estudiadas presentan compuestos bioactivos, los cuales pudieran ser utilizados como mecanismos de defensa frente a depredadores y patógenos presentes en el medio (Ibrahim *et al.* 2005). Es de hacer notar que en el análisis fitoquímico realizado, en todas las especies de algas estudiadas se logró detectar la presencia de esteroides insaturados, quizás éstos sean los responsables de la actividad letal mostrada por estas algas.



Tabla 1.- Concentración Letal Media (CL₅₀) (µg/ml) de los extractos metanólicos de las algas *Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma denticulatum*, *Gracilariopsis tenuifrons* y *Gelidium serrulatum* frente a *Artemia salina*.

| Extracto metanólico | CL ₅₀ | Límites de confianza al 95% | |
|----------------------------------|------------------|-----------------------------|----------|
| | | Inferior | Superior |
| <i>Kappaphycus alvarezii</i> | 5,53 | 2,30 | 10,53 |
| <i>Eucheuma denticulatum</i> | 20,19 | 12,57 | 32,83 |
| <i>Gracilariopsis tenuifrons</i> | 55,03 | 27,19 | 121,83 |
| <i>Gelidium serrulatum</i> | 212,62 | 136,29 | 358,28 |

Conclusiones

Las especies de algas estudiadas mostraron actividad letal frente a *A. salina*, por lo tanto, pudieran ser fuentes potenciales para uso farmacológico.

Referencias

- Blunt, J.W, Copp, B.R, Munro, M.H.G., Northcote, P.T., Prinsep, M.R. 2006. Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* 23: 26–78.
- Faulkner, D.J. 2002. Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* 19:1–48.
- Guedes, E.A.C., C. De Carvalho, C., Lisboa, K., Lisboa, T., De Barros, L., Ferreira, M., Prado, F. & A. Goulart. 2014. Larvicidal activity against *Aedes aegypti* and Molluscicidal activity against *Biomphalaria glabrata* of Brazilian marine algae. *J. Parasit. Res.* <http://dx.doi.org/10.1155/2014/501328>.
- Ibrahim, A, M. Mostafa, M. El-Masry & M. El-Naggar. 2005. Active biological materials inhibiting tumor initiation extracted from marine algae. *Egypt. J. Aquat. Res.* 31(1): 146-155.
- Lhullier, C., P. Horta & M. Falkenberg. 2006. Avaliacao de extratos de macroalgas benticas do litoral catarinense utilizando o teste de letalidade para *Artemia salina*. *Braz. J. Pharmacog.* 16(2):158-163.
- Marcano, D. & M. Hasegawa. 2002. *Fitoquímica Orgánica*. 2ª ed. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Universidad Central de Venezuela, Caracas. 588 pp.
- Meyer, B., N. Ferrigni, J. Putnam, L. Jacobsen, D. Nichols & J. Mclaughlin. 1982. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica.* 45:31-34.
- Stephan, C. 1977. Methods for calculating in LC50. In: American Society for Testing and Material (ASTM) Acuatc Toxicology and Hazard Evaluation. F.L. Mayer & J. Hamelink (eds), Philadelphia, Pensilvania 65-84.
- Valdés-Iglesias, O., N. Díaz, Y. Cabranes, M. Acevedo, A. Areces, L. Graña & C. Diaz. 2003. Macroalgas de la plataforma insular cubana como fuente de extractos bioactivos. *Avicennia.* 16:36-45.



Estudo do efeito do pH e da pasteurização na cor de soluções tamponadas com *Chlorella vulgaris*

Correia, A.C.¹, Morais, P.², Gomes, M.H.², Barbosa, C.¹, Vaz Velho, M.¹

¹UIDICTA, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Av. Atlântico, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal.

²Frutech, Centro de Inovação e Tecnologia Agroalimentar, Maia, Portugal.

E-mail: mvazvelho@estg.ipv.pt

Resumo

As microalgas estão identificadas como uma fonte alternativa de nutrientes importantes para a alimentação humana, em particular como fonte de antioxidantes naturais, não só carotenoides mas também polifenóis. O objetivo geral deste estudo é utilizar a microalga *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890) como ingrediente de um novo produto alimentar. Preservar a cor verde natural desta alga foi considerado vantajoso para os produtos finais e, assim, o objetivo principal deste estudo é estudar o efeito de variantes do processo, designadamente pH e pasteurização, na cor de soluções tamponadas de citrato fosfato com *Chlorella vulgaris*. De modo a avaliar a influência do pH na estabilidade da cor desta microalga foram elaboradas soluções tamponadas de citrato fosfato com 0,18% de *Chlorella vulgaris*, com sete gamas de pH: 2,77; 3,23; 3,70; 4,19; 4,31; 4,55; 5,46. Logo após a preparação destas soluções, 24 horas depois e após pasteurização (T= 95°C, 5 minutos) foram efetuadas medições de cor (CIELAB) e registrados os valores dos parâmetros L*, a* e b*, C* e h*. Foram efetuadas quatro réplicas em cada momento de amostragem. O pH teve um efeito significativo na cor em todos os momentos de amostragem (p<0,05). A pasteurização influenciou de forma significativa todos os parâmetros em todas as soluções independentemente do valor de pH. A perda da cor verde das soluções antes da pasteurização é diretamente proporcional ao abaixamento de pH (o valor do parâmetro a* baixa inversamente ao valor do pH). Depois da pasteurização todas as soluções perderam a cor verde característica e adquiriram um tom acastanhado. Assim em futuros estudos devem ser testadas outras misturas e outras concentrações de *Chlorella vulgaris* e valores de pH mais próximos da neutralidade para ultrapassar o efeito crítico da pasteurização e melhorar a estabilidade da cor das soluções.



Palavras-chave

Microalga, *Chorella vulgaris*, pH, cor, pasteurização.

Introdução

As microalgas representam uma fonte renovável com enorme potencial para obtenção de uma ampla variedade de produtos como é o caso dos carotenóides, pigmentos, vitaminas, proteínas, ácidos gordos, compostos ativos entre outros. Apesar de pouco conhecidas pela população em geral, são utilizadas desde há muito tempo na produção de compostos para diversos tipos de indústrias (farmacêutica, cosmética) e também na alimentação humana (Gouveia *et al.*, 2007). Um exemplo de uma microalga que apresenta um elevado teor em diversos nutrientes é a *Chlorella vulgaris*.

O nome *Chlorella* é uma conjugação do grego (*chloros*, que significa verde) e do latim (*ella*, que significa coisa pequena) (Lee and Rosenbaum, 1987). A primeira classificação de uma cultura pura de *Chlorella vulgaris* data de 1890 na Holanda pelo microbiologista M.W. Beijerinck (Bewicke and Potter, 1984). Esta microalga é de tal modo pequena, que as suas células apenas são perceptíveis com recurso a um microscópio. Apesar do seu tamanho reduzido, consegue armazenar nutrientes importantes para a dieta do ser humano em grandes quantidades sendo conhecido por muitos como um “super alimento”. Uma das características mais marcantes e interessantes do ponto de vista nutricional é o alto teor em proteína apresentado por esta (aproximadamente 60%) podendo comparar-se, no que diz respeito a esta característica a um ovo (Cho *et al.*, 2011). A quantidade é de tal modo elevada, que praticamente nenhum alimento integrante da dieta consegue igualar este valor (a porção de proteína chega a ser 8 vezes maior quando comparada com o arroz) (Spolaore *et al.*, 2006). Para o ser humano, as elevadas quantidades de proteína que se obtêm a partir são interessantes do ponto de vista nutricional porque a sua ingestão controlada contribui, não só para o crescimento e manutenção da massa muscular como também para a manutenção de ossos normais (Regulamento nº 432 de 2012). Esta microalga é também conhecida pelo elevado conteúdo de um pigmento, muito importante no processo de fotossíntese, a clorofila. Este pigmento é responsável pela cor verde característica de diversos frutos e vegetais, sendo extremamente sensível a diversos fatores como é o caso do pH e da temperatura. Geralmente a maior causa de perda de cor verde característica deve-se à conversão da clorofila em feofitina quando o meio é demasiado ácido ou quando se submetem os produtos a temperaturas de processamento demasiado altas (Koca *et al.*, 2007). Nesta reação a cor verde é convertida numa cor verde-azeitona o que para a maioria dos consumidores é perceptível como negativo.

Para além da sua riqueza nutricional é uma das poucas microalgas reconhecida como GRAS (Generally Recognized as Safe), portanto segura para consumo



humano (Cho *et al.*, 2011). Por se tratar de um ingrediente reconhecido, surge então neste contexto a possibilidade da sua incorporação no desenvolvimento de novos produtos.

O objetivo principal deste trabalho foi o estudo do efeito do pH e da temperatura em soluções com adição da microalga *Chlorella vulgaris*, tendo como finalidade a sua possível incorporação em matrizes alimentares.

Materiais e métodos

Com o objetivo de avaliar o comportamento da microalga *Chlorella vulgaris* a diferentes valores de pH e estudar a estabilidade da cor desta quando aplicada em preparados cujos valores de pH são mais baixos (próximos de 4), foram preparadas diversas soluções tampão utilizando hidrogenofosfato de sódio (0,2 M; grau de pureza: 98,5-100%; Sigma Aldrich, Espanha) e ácido cítrico (0,1 M, grau de pureza:100%; Yixing-Union Biochemical CO., LTD, China). As quantidades de cada um destes compostos encontram-se descritas na Tabela 1.

Após a confirmação de cada um dos valores de pH, foi adicionada a cada uma destas soluções 0.18 g (0.18%) de *Chlorella vulgaris* em pó e procedeu-se novamente à homogeneização de cada uma delas. A cor das soluções foi medida imediatamente após a preparação, após 24 horas e após um tratamento adicional térmico (T = 95 ° C, 10 min). As soluções pasteurizadas foram mantidos à temperatura ambiente (18 ± 2 ° C) para arrefecer antes da medição de cor. Por cada tratamento, foram realizadas quatro medições consecutivas e registados os valores de luminosidade (L *), as coordenadas a * e b *, de saturação (C) e do ângulo hue (h°) (colorímetro Konica Minolta CR 400). Para a análise estatística foi utilizado o software STATISTICA versão 7 (StatSoft, Inc, EUA).

Tabela 1 - Compostos e quantidades utilizadas na preparação das soluções tampão e respetivo pH final.

| | Hidrogenofosfato de Sódio (g) | Ácido cítrico (g) | Água (g) | pH final |
|------------------|----------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| Solução 1 | 10.2 | 39.8 | 50 | 2.77 |
| Solução 2 | 15.9 | 34.1 | 50 | 3.23 |
| Solução 3 | 20.6 | 29.4 | 50 | 3.70 |
| Solução 4 | 24.5 | 25.5 | 50 | 4.19 |
| Solução 5 | 25.7 | 24.3 | 50 | 4.31 |
| Solução 6 | 27.8 | 22.2 | 50 | 4.55 |
| Solução 7 | 32.1 | 17.9 | 50 | 5.46 |

Resultados e discussão

No desenvolvimento de produtos que contêm esta microalga pretende-se não só a preservação do seu valor nutricional, como também manter a sua cor verde característica, quando adicionada a soluções com valores de pH diversos e após aplicação de tratamento térmico.

Após a realização desta experiência verifica-se que o pH e pasteurização afetaram significativamente os parâmetros de cor (Figura 1). Verificamos que a amostra de pH=2,77 após 24 horas e após pasteurização se destaca, isto porque os valores de L^* , a^* , b e C obtidos são mais elevados quando comparados com as restantes amostras (Figura 2).

O aumento do valor de L^* a valores de pH mais baixo e com aplicação de temperatura, resulta em soluções mais claras (os valores de L^* deslocam-se no sentido da cor branca). Também o aumento dos valores de a^* e b^* que se regista, explica a perda de cor característica, no caso do parâmetro a^* as soluções tendem a aproximar-se da cor vermelha e no caso do parâmetro b^* da cor amarela, resultando da conjugação destas duas cores o acastanhamento. Relativamente ao parâmetro h° pode dizer-se que os valores mais baixos são registados pelas amostras de pH=2,77 após 24 horas, pH=2,77 após 24 horas e posterior pasteurização e pH=4,19 após 24 horas e posterior pasteurização. As restantes amostras obtêm valores de tonalidade mais elevados (que se traduz na manutenção da cor verde) e verifica-se uma aproximação das mesmas. Quando analisamos o valor do ângulo obtido nas soluções que parecem ser diferentes verificamos que nestas 3 situações o valor deste parâmetro situa-se abaixo de 37° , o que faz com que estas soluções se aproximem do ângulo de 45° que corresponde à cor vermelha.

Deste modo, verifica-se que quanto mais baixo o valor de pH e mais agressivo for o tratamento aplicado, mais notória será a perda de cor característica.

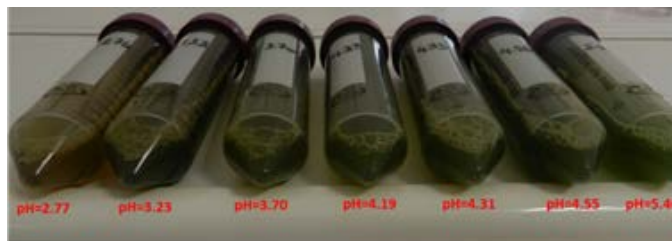


Figura 1. Soluções tamponadas após 24 horas e com aplicação de tratamento térmico

As amostras cujos valores de pH são mais próximos da neutralidade mantêm a sua cor verde, mas quando se baixa o pH para valores mais ácidos a mudança de cor é notória. Esta mudança de cor deve-se essencialmente à conversão da



clorofila em feofitina pela ação do pH (a taxa de degradação da clorofila decresce com o aumento do pH) (Andres-Bello *et al.*, 2013).

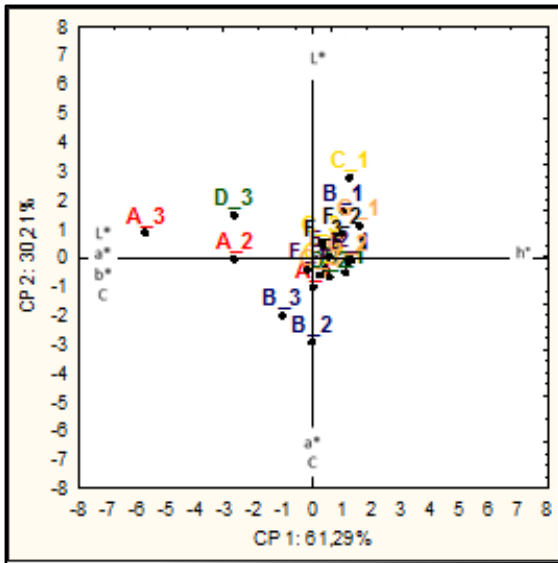


Figura 2 – Análise de componentes principais:

A-pH=2,77; B- pH=3,23; C-pH=3,70; D- pH=4,19; E- pH=4,31; F-pH=4,55; G- pH=5,46.
1-Após preparação; 2-Após 24 horas;3-Após 24 horas e posterior pasteurização.

Conclusões

Verifica-se que a aplicação de *Chlorella vulgaris* em matrizes alimentares apenas será positiva em termos visuais, isto é quando se pretende manter a cor verde característica original no produto final, quando se tratarem de produtos cujo pH se aproxima da neutralidade e cujos tratamentos térmicos que o originam não se mostram demasiado agressivos e portanto não contribuem para a alteração da sua estrutura.

Agradecimentos

Este trabalho foi suportado pelo projeto FRUTECH, 2010-2014. PRODER, N° 020213012244.

Referências

- Andres-Bello, A., Barreto-Palacios, V., Garcia-Segovia, P., Mir-Bel, J., and Martinez-Monzo, J. 2013, Effect of pH on Color and Texture of Food Products: Food Engineering Reviews, 5:158-170.
- Bewicke, D., Potter, B. 1984. *Chlorella*: The Emerald Food, Book I - The *Chlorella* story Ronin Publishing Inc. Berkeley, CA. ISBN: 0-914171-02X
- Cho, S., Cho, S., Fahey, G.C. 2011. *Chlorella vulgaris* GRAS self affirmation. Division of Biotechnology and GRAS Notice-US FDA 2011. <http://www.fda.gov/ucm/groups/fdagov-public/@fdagov-foods-gen/documents/document/ucm277773.pdf>.
- Gouveia, L., Batista, A.P., Miranda, A., Empis, J., Raymundo, A. 2007. *Chlorella vulgaris* biomass used as colouring source in traditional butter cookies. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 8:433-436.
- Koca, N., F. Karadeniz, and H. S. Burdurlu, 2007, Effect of pH on chlorophyll degradation and colour loss in blanched green peas. Food Chemistry, 100: 609-615.
- Lee, W.H., Rosenbaum, M. 1987. *Chlorella* - The sun-powered supernutrient and its beneficial properties. Keats Pub. Inc., Connecticut, USA. ISBN: 0879834641
- Priyadarshani, I., and Rath, B. 2012. Commercial and industrial applications of microalgae – A review. Journal of Algal Biomass Utilization, 3 (4): 89–100.
- Regulamento (UE) nº 432/2012 da Comissão de 16 de maio de 2012 que estabelece uma lista de alegações de saúde permitidas relativas a alimentos que não referem a redução de um risco de doença ou o desenvolvimento e a saúde das crianças.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A. 2006. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering, 101:87-96.



Análisis químico y bioactividad de la esponja marina *Cliona varians* con potencial farmacológico, recolectada en la Bahía de Mochima, Venezuela

D'Armas H.^{1,2}, Guevara L.³, Amaro M.⁴, Fariñas M.⁴, Lanza J.³

¹ Lab. de Productos Naturales y Lípidos, Depto. de Química, Escuela de Ciencias, Núcleo Sucre, Universidad de Oriente, Venezuela.

² Planta Piloto de Farmacia, Facultad de Ciencias Químicas y Salud, Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

³ Instituto Nacional de Nutrición, Venezuela.

⁴ Dpto. de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela-Universidad de Oriente, Venezuela.

E-mail: haydelba@yahoo.com

Resumen

Los organismos marinos han mostrado ser una fuente de compuestos químicos de estructuras muy diversas, y en muchos casos con potente actividad biológica. Es notoria la enorme diversidad química que poseen las esponjas, las cuales se encuentran entre las mejores fuentes de nuevos compuestos de gran potencial para los productos farmacéuticos. La esponja marina *Cliona varians* fue recolectada en Isla Larga, Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela; para su estudio, se procedió a realizarle extracciones con acetato de etilo y se le realizaron pruebas químicas y biológicas: antibacteriana, antifúngica y letalidad contra *Artemia salina*. El análisis químico reveló para *C. varians* resultados positivos para alcaloides, taninos, metilencetonas, esteroides insaturados y cumarinas. Los bioensayos demostraron que los extractos crudos poseen actividad letal contra el crustáceo *A. salina*, con valores de CL_{50} inferiores a 103 $\mu\text{g/ml}$ (24 h); cuando el extracto de la esponja se fraccionó cromatográficamente, se observó que se magnificó el efecto tóxico en las fracciones provenientes de la misma, donde los valores de CL_{50} se encontraron por debajo de 4 $\mu\text{g/ml}$ (24h,) manifestándose así un comportamiento antagónico de los constituyentes químicos de esta esponja. Los extractos crudos de dicha esponja no presentaron



actividad contra los hongos y bacterias empleados en esta investigación, al fraccionar *C. varians* por cromatografía, se mantuvo este comportamiento, manifestándose un leve cambio en CV1 que presentó actividad antibacteriana leve contra la cepa *Listeria monocitogenes*. Ciertas subfracciones de *C. varians* fueron analizadas mediante CG/EM, donde se identificaron: hexacloroetano, éster mono (2-etilhexílico) del ácido bencenodicarboxílico, octadecano, nonacosano, heptadeciloxirano, entre otros. Mediante el uso de RMN, se lograron identificar: el esteroil acetato de 17-(4,6-dimetilheptan-2-ilo)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]phenanthren-3-ilo ó acetato de 17-(5,6-dimetilheptan-2-ilo)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]phenanthren-3-ilo, proveniente de la subfracción CV(1). Posiblemente, los metabolitos secundarios identificados en esta esponja, son los causantes de la antibiosis observada; por lo cual se puede decir que esta especie marina es una fuente promisoría de compuestos bioactivos.

Palabras clave

Bioactividad, *Cliona varians*, esponjas marinas, productos naturales

Introducción

El principal interés del estudio químico de los productos naturales marinos ha radicado en las muy diversas y novedosas estructuras químicas de los compuestos que de ellos han sido aislados, dichas estructuras no habían sido descritas con anterioridad en organismos terrestres y además han demostrado poseer una gran variedad de actividades biológicas, lo que permite pensar en su posible aplicación como medicamentos (Blunt, 2006). Los compuestos químicos que más han llamado la atención, son aquéllos que han sido aislados de organismos que viven en aguas tropicales, ya que en estas zonas es donde existe un mayor grado de biodiversidad, generando una mayor competencia por espacio y alimento concibiendo un mayor estrés evolutivo, que hace que cada organismo deba producir una serie de estrategias químicas que le aseguren su propio desarrollo y el de futuras generaciones (Blunt, 2006).

Las esponjas constituyen el mayor reservorio de compuestos bioactivos promisorios de las cuales se han aislado más de 2000 compuestos con gran variedad de estructuras y con diversas actividades biológicas entre las que se destacan antivirales, antibacterianas, antimicóticas, antiparasitarias, hemaglutinantes, hemolizantes, antimicóticas, antiinflamatorias, analgésicas y particularmente antitumorales (Mayer *et al.*, 2009). Del género *Cliona*, se reportó en un ensayo de campo, que la fracción lipídica del extracto de *Cliona delitrix*, presentó actividad *antifouling*, ya que condujo al menor porcentaje de



recubrimiento superficial por parte de otros organismos. Para esta fracción se estableció el contenido de ácidos grasos, identificándose el ácido 7,10,12,14-icosatetraenoico, no reportado antes en la literatura, y 88 ácidos conocidos, además de 19 esteroides comunes (Castellanos *et al.*, 2010).

En otra investigación a *C. varians*, se ha reportado el aislamiento de lectinas CL_v con una considerable actividad pre-inflamatoria usando el modelo *in vivo* de migración de leucocitos, para el estudio inflamatorio de peritonitis en ratones (Moura, 2006). Se informó que esta esponja presenta alcaloides, taninos, metilcetonas y esteroides insaturados, y que esta esponja posee una CL₅₀ igual a 74,28 µg/ml, evidenciándose la presencia de compuestos con actividad citotóxica (Cedeño, 2010). En otro trabajo realizado con esta misma especie, se caracterizó una lectina que mostró efectos antimicrobianos contra bacterias patógenas Gram positivas y actividad parásito-aglutinante en promastigotes de *Leishmania chagasi* (Lanza, 2012).

Basado en la enorme diversidad química que poseen las esponjas y en el hecho de que su composición química está determinada por el hábitat, corrientes marinas, defensa de los depredadores, disponibilidad de alimentos, entre otros, se realizó un estudio químico y de actividad biológica de la esponja *Cliona varians* recolectada en la Bahía de Mochima, Venezuela.

Materiales y métodos

Recolección de muestras

Se realizó la recolección de los ejemplares de la esponja marina *Cliona varians* en Isla larga, Bahía de Mochima (10°21'05" Lat. N y 64°21'05" Long. W), ubicada en la costa norte de Venezuela, a 30 kilómetros de la ciudad de Cumaná, estado Sucre. Las muestras fueron colocadas en cavas con hielo seco para preservarlas frescas durante su transporte hasta el laboratorio de Bioactivos Marinos, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, donde fueron identificadas taxonómicamente hasta la categoría de especie por la MSc. María Amaro.

Obtención de los extractos de las esponjas

La esponja fresca se cortó en trozos pequeños para limpiarla de cualquier macrorganismo presente, los mismos se dejaron suspendidos en agua de mar bifiltrada, cambiando el agua en intervalos de una hora en dos ocasiones, luego se procedió a escurrir las esponjas para así eliminar la mayor cantidad de agua posible. Posteriormente, se colocaron en un envase con metanol durante 48 horas, se filtró y el residuo se extrajo nuevamente. Los filtrados combinados fueron evaporados y concentrados a presión reducida, para obtener el extracto metanol/agua. Seguidamente, este extracto se particionó con agua y se extrajo con acetato de etilo; la fase orgánica se separó y fue secada con sulfato de sodio



anhidro y concentrada a presión reducida. Se pesó y guardó para análisis posteriores.

Analisis químico preliminar

Aplicando la metodología descrita por Murillo y Méndez (2007) se determinó cumarinas y fenilpropanoides. La identificación de alcaloides, saponinas, glicósidos, cardiotónicos, glicósidos cianogénicos, Esteroles insaturados y triterpenos pentacíclicos, taninos y polifenoles, antraquinonas y metilencetonas se realizó empleando la metodología descrita por Marcano y Hasegawa (2002).

Actividad antibacteriana

Se empleó la técnica de difusión en agar, empapando discos estériles de papel de filtro Whatman N° 3 de 5 mm de diámetro con 10 µl de una solución de 40 mg/l del extracto o fracción y colocarlos en una placa de agar Müller-Hinton, previamente inoculada con cepas bacterianas certificadas; Grampositivas como *Enterococcus faecalis* (CVCN 924), *Bacillus cereus* (CVCN 461), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027), y *Staphylococcus aureus* (CVCN 48), cepas bacterianas Gramnegativas como *Escherichia coli* (CVCN 39), *Salmonella ephimurium* (ATCC 14028), *Salmonella enteritidis* (CVCN 497) y una cepa silvestre de *Listeria monocytogenes*. Posteriormente, se pre incubaron a 5°C por 12 h, y luego se incubaron a 37°C por 24 h. Las propiedades antimicrobianas se evaluaron por la formación de un halo de inhibición del crecimiento del microorganismo alrededor del disco. Para la interpretación de los resultados respecto a la actividad antimicrobiana de las fracciones, se utilizó la metodología de cruces, donde se establece las categorías interpretativas para los diámetros de la zona de inhibición (Bauer *et al.*, 1966).

Actividad antifúngica

Este método consistió en incubar cepas de hongos en tubos, a temperatura ambiente por una semana. Transcurrido este tiempo, se le agregaron aproximadamente 10 ml de solución salina a cada tubo para remover las esporas y se filtrarán sobre gasas estériles, para obtener la solución esporangial. Utilizando hisopos estériles, se colocó la solución obtenida sobre las cápsulas de *Petri*, previamente preparadas con el agar papa dextrosa (PDA). Seguidamente, se realizó la técnica del antibiograma, colocando los discos de papel Whatman N° 3 de 5 mm de diámetro impregnados previamente con aproximadamente 10 µl de la muestra y se incubaron por 48 horas a temperatura ambiente. La actividad fue detectada al medir el diámetro (mm) del halo de inhibición observado alrededor del disco (Madubunyi, 1995).

Actividad letal en *Artemia salina*

La actividad letal contra larvas del crustáceo *A. salina*, del extracto y fracciones separada de la esponja, se evaluó preparando una solución de 10 000 µg/ml del extracto o fracción, en una mezcla H₂O/DMSO según la solubilidad de éstos y, a



partir de ésta, se prepararon soluciones de 1 000; 100; 10; 1; 0,1 y 0,01 $\mu\text{g/ml}$ mediante diluciones sucesivas con agua de mar bifiltrada, en viales que contenían 10 nauplios de *A. salina*, eclosionados con 24 horas de anticipación. Por cada concentración, se realizaron tres réplicas y un control con igual número de réplicas. La cuantificación de la mortalidad de los nauplios se llevó a cabo pasadas las 24 y 48 horas, los datos obtenidos se utilizaron para calcular la concentración letal media, mediante la aplicación de un programa de computación diseñado para tal fin, el cual presenta cuatro métodos: Moving Average, Probit, Logit y Binomial con límites de confianza de 95 %. Según este programa de computación, la CL_{50} más confiable fue determinada por el método que presentó el rango más estrecho de límites de confiabilidad (Stephan, 1977; Meyer *et al.*, 1982).

Fraccionamiento de los extractos

El aislamiento de los metabolitos secundarios, solubles en acetato de etilo, provenientes de las esponjas marinas *Cliona varians*, se ejecutó fraccionando el extracto mediante las técnicas cromatográficas de Cromatografía de columna (CC) y Cromatografía de capa fina preparativa (CCFP). Se utilizó silica gel 35-70 mesh o 60 GF, según la cromatografía, como adsorbente o fase estacionaria; y mezclas de hexano, acetato de etilo, metanol en distintas proporciones, como fase móvil. Se usó luz UV y solución ácida de molibdato de amonio como reveladores.

Caracterización estructural

Para la especificación de las estructuras moleculares de los componentes aislados, se utilizaron técnicas espectroscópicas y espectrométricas, tales como: Resonancia magnética nuclear (RMN) y Espectrometría de masas (EM).

Resultados y discusión

Análisis fitoquímico preliminar

Se realizaron pruebas químicas para determinar la posible presencia de familias de metabolitos secundarios en el extracto soluble en acetato de etilo. La esponja marina *C. varians* dió resultados positivos para alcaloides, taninos, metilencetonas, esteroides insaturados, triterpenos pentacíclicos y cumarinas, detectándose en esta especie el 41,66% de las familias químicas ensayadas.

Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana fue probada en con el extracto o fracción soluble en acetato de etilo frente a las diferentes cepas de bacterias, entre las cuales se encontraban *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp, *Listeria monocytogenes*, arrojando como resultados que los extractos crudos de las esponjas no presentaron ninguna actividad antibacteriana frente a los microorganismos usados en el bioensayo, esto no implica que frente a otros



microorganismos no pueda presentar cierta actividad inhibitoria (Mora *et al.*, 2008). En base a estos resultados, es probable que se observe algún tipo de actividad a medida que éstos sean separados por las diferentes técnicas cromatográficas, exhibiendo un efecto antagónico.

Actividad antifúngica

Se realizó el ensayo frente a cepas de hongos de *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Penicillium crustosum* y *Curvularia* sp., en donde se observaron los siguientes resultados: La FAE de la esponja *C. varians*, no mostró actividad antifúngica en contra de ninguna de las cepas de hongos ensayadas.

La bibliografía reporta que varias esponjas recolectadas en esta zona (*A. lacunosa*, *A. fulva*, *A. pernucleata* y *A. viridis*) no son capaces de biosintetizar metabolitos secundarios con actividad inhibitoria contra hongos, es probable que dichos metabolitos no sean necesarios para establecerse en dicho ecosistema, lo que las descarta como productoras de posibles agentes antimicóticos (Cedeño, 2010).

Actividad tóxica contra *Artemia salina*

Este es un ensayo general de amplio uso que determina el efecto letal de los extractos en larvas de *Artemia salina*, y de esta manera se puede predecir su potencia para producir la muerte de células cancerígenas en cultivos de tejidos, matar insectos y/o ejercer un amplio rango de efectos farmacológicos, puesto que existe una correlación positiva entre la mortalidad de las larvas de *A. salina* y la citotoxicidad frente a las células 9KB (carcinoma nasofaríngeo humano) y la línea celular 3PS (P388) leucemia *in vivo*, medidas en términos de concentración letal media (Pino y Jorge, 2010).

C. varians presentó actividad letal contra el crustáceo ensayado, mostrando por el método Binomial, un CL_{50} igual a 102,35 $\mu\text{g/ml}$ a las 24 h (\ll 1 000 $\mu\text{g/ml}$) y 74,28 $\mu\text{g/ml}$ a las 48 h de exposición, por lo que se puede inferir que esta esponja posee metabolitos con posible actividad citotóxica, y que las larvas de *A. salina* respondieron al efecto de los metabolitos bioactivos presentes en esta especie.

Fraccionamiento cromatográfico

Se procedió a realizar el fraccionamiento cromatográfico bidirigido de las especies estudiadas, con el objetivo de aislar en lo posibles, los constituyentes químicos responsables de la bioactividad observada anteriormente y comprobar si la actividad presente en cada una de las especies estudiadas presenta un efecto sinérgico o antagónico. El fraccionamiento de la fracción soluble en acetato de etilo (FAE) de *C. varians* por Cromatografía de Columna por gravedad, se obtuvieron ocho fracciones (CV1 a CV8) agrupadas según las evidencias de sus R_f observados por Cromatografía de Capa Fina CCF); posteriormente, solo a las bioactivas se les realizó cromatografías de CC y CCFP sucesivas para aislar los compuestos.



Actividad antibacteriana de algunas subfracciones obtenidas de la cromatografía de la FAE de C. varians

Los ensayos antimicrobianos aplicados a las diferentes subfracciones (CV1, CV2, CV2-1, CV2-2, CV4 y CV6) de la esponja marina *C. varians*, indicaron que las mismas no poseen actividad bactericida contra las bacterias empleadas en este estudio (*E. coli*, *S. aureus*, *S. enteritidis*, *L. monocytogenes*, *B. cereus*, *P. aeruginosa*, *S. ephimurium* y *E. fecalis*), solo la fracción CV1 presentó actividad antibacteriana leve (10 mm) contra *L. monocytogenes*. Estos resultados indican parcialmente que esta esponja no podría tener una aplicación en el campo de los medicamentos bacterianos, cabe destacar que el hecho de que dichas fracciones no sean bioactivas contra las bacterias ensayadas, no implica que no lo sean frente a otras cepas y otros microorganismos.

Actividad antifúngica de algunas subfracciones obtenidas de la cromatografía de la FAE de C. varians

Luego del fraccionamiento cromatográfico, se seleccionaron diversas subfracciones, utilizándose como único criterio ensayar aquellas subfracciones con mayor masa, con el fin de estudiar su actividad contra diferentes hongos, sin embargo las subfracciones ensayadas no presentaron actividad fungicida contra las cepas de hongos ensayadas; cabe destacar que dichas cepas son difíciles de inhibir, debido a que éstas pertenecen a la familia de hongos filamentosos, los cuales son bastante resistentes a la acción de diferentes agentes antimicóticos (*A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger* y *A. terreus*).

Actividad tóxica de algunas subfracciones obtenidas de la cromatografía de la FAE de C. varians

La separación cromatografica del FAE en sus diferentes subfracciones arrojó resultados para la actividad tóxica, con los cuales se puede inferir, que los componentes del extracto actúan de una forma antagónica, ya que las subfracciones mostraron mayor letalidad que el extracto inicial (FAE), en un rango de 0,02 a 3,16 µg/ml para CV6 y CV3 respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Actividad tóxica (µg/ml) contra el crustáceo *A. salina*, de algunas fracciones de la esponja *C. varians*.

| Fracción | CL ₅₀ (24 h) | CL ₅₀ (48 h) | Método |
|----------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| CV1 | 0,07 | 0,00 | Probit |
| CV3 | 3,16 | 0,03 | Binomial |
| CV6 | 0,02 | 0,01 | Binomial |
| CV8 | 3,08 | 0,00 | Moving Average |

Las cuatro fracciones ensayadas con el crustáceo *A. salina*, mostraron una excelente o potente actividad letal (<30 µg/ml), por lo que con toda certeza esta esponja sea una fuente promisoría de compuestos biológicamente activos para la inhibición del crecimiento de células cancerígenas y otras afecciones que



perturban a la población humana. Para poder asegurar esto, se necesitarían estudios más profundos y avanzados que los mostrados en esta investigación, dado que este bioensayo constituye un análisis preliminar para posteriores investigaciones.

Análisis de la fracción CV(1) mediante RMN

La fracción CV(1), se obtuvo como un sólido blanquecino y a continuación se presentan los datos obtenidos del espectro RMN de hidrógeno del mismo:

Tabla 2. Asignación y desplazamientos químicos δ_H de algunas señales del espectro de RMN 1H de la subfracción CV(1).

| δ_H (ppm) ^a | Posición | Multiplicidad | Asignación |
|-------------------------------|----------|---------------|----------------------------|
| 0,89 | H-28 | d | $C - \underline{CH}_3$ |
| 0,91 | H-26 | d | $C - \underline{CH}_3$ |
| 0,93 | H-27 | d | $C - \underline{CH}_3$ |
| 1,23 | H-21 | d | $C - \underline{CH}_3$ |
| 2,29 | H-30 | s | $\underline{CH}_3 - C = O$ |
| 4,21 | H-3 | m | $-\underline{CH} - O -$ |
| 5,24 | H-6 | m | $-\underline{CH} = C -$ |
| 1,37 | H-19 | s | $-\underline{CH}_3 -$ |
| 1,05 | H-18 | s | $-\underline{CH}_3 -$ |

a: espectro realizado a 400 MHz en cloroformo deuterado, en relación a la señal del TMS.

El espectro de RMN de ^{13}C de la subfracción CV(1) exhibió desplazamientos químicos indicativos de que la estructura del compuesto era un C_{30} . Debido a que la calidad del espectro no fue óptima, se planteó buscar las señales más relevantes que ayudaran a identificar la posible estructura del compuesto mayoritario, llegándose a los siguientes aspectos:

Al comparar los datos experimentales de los espectros con los reportados ampliamente en la literatura de productos naturales, se lograron identificar varias características específicas de un tipo de compuesto químico cuya estructura base o esqueleto principal corresponde a un esteroide, a partir de este hecho se trabajó identificando las señales que muy probablemente provienen de un núcleo estructural y su cadena lateral. A campo bajo, se ubicó una señal alrededor de δ_c 170 que determinó la presencia de un grupo carbonilo del tipo $O = C - O$, lo cual corrobora lo planteado con el espectro de RMN 1H .

Entre 130-140 ppm, se apreciaron dos señales probablemente características de carbonos insaturados ($C = C$), dichos desplazamientos químicos podrían corresponder a un doble enlace trisustituído, cuyo carbono cuaternario no se observó en el espectro de RMN DEPT-135. Según la biogénesis de los esteroides, la posición más probable para este tipo de compuestos que posean un doble enlace trisustituído es en la posición C_4 ó C_5 en los anillos A ó B respectivamente.



Alrededor de δ_H 73 se observó una señal característica de un carbono oxigenado, posiblemente perteneciente al C_3 que posee un grupo acetyl, en vez de un grupo hidroxilo. En el área comprendida entre 20-35 ppm, se observaron las señales pertenecientes a los $-CH_2$ presentes en la muestra, con la ayuda del espectro de RMN DEPT-135 se detallaron estos carbonos metilénicos.

El análisis de las señales observadas en los espectros de RMN de 1H y ^{13}C , específicamente sus desplazamientos químicos y su multiplicidad, indica que esta subfracción es una mezcla, donde el compuesto mayoritario es el que presentó las señales más definidas, por lo cual se puede plantear que el compuesto presente en mayor proporción es un esteroil insaturado con una cadena lateral y posee seis grupos metilos y un grupo acetato, posiblemente en el C_3 . Las señales correspondientes a los grupos metílicos y metínicos del espectro de RMN DEPT-135, indicaron la presencia de una cadena lateral sustituida unida al núcleo estructural del esteroil, el cual posee un sustituyente acetyl. A continuación se muestra una comparación entre valores teóricos y experimentales de algunos desplazamientos químicos de hidrógeno y carbono de la fracción CV(1).

Tabla 3. Datos seleccionados de 1H RMN y ^{13}C RMN del compuesto aislado de la subfracción CV(1).

| Posición | δ_H (ppm) | | δ_C (ppm) | |
|----------|------------------|-------------|------------------|-------|
| | T | E | T | E |
| 3 | 3,99 | 3,40 – 3,59 | 73,8 | 74,6 |
| 4 | 2,32; 2,08 | 2,29; 2,02 | 38,5 | 37,5 |
| 5 | - | - | 140,8 | 136,5 |
| 6 | 5,37 | 5,18 – 5,24 | 121,8 | 130,6 |
| 18 | 1,04 | 1,07 | 12 | 13,0 |
| 19 | 1,30 | 1,37 | 19,3 | 17,6 |
| 21 | 1,34 | 1,05 | 33,3 | 34,5 |
| 26 | 0,91 | 0,91 | 23,5 | 24,2 |
| 27 | 0,91 | 0,92 | 23,5 | 24,2 |
| 28 | 0,96 | 0,89 | 21,6 | 20,7 |
| 29 | - | - | 170,2 | 178,8 |
| 30 | 2,21 | 2,29 | 21 | 21,8 |

T: datos teóricos del Chem Bio Draw; E: datos experimentales

Un análisis combinado de la información arrojada por los espectros de RMN, y con ayuda del Programa Predictor ChemBioDraw Ultra 2010, se pudieron comparar los desplazamientos químicos teóricos con los obtenidos experimentalmente de los espectros de RMN de 1H y ^{13}C de la subfracción CV(1), lo que permitió establecer que el compuesto mayoritario de esta subfracción, posiblemente sea el acetato de 17-(4,6-dimetilheptan-2-ilo)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]phenanthren-3-ilo ó el acetato de 17-(5,6-dimetilheptan-2-ilo)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]phenanthren-3-ilo, mostrado en la Figura 1.



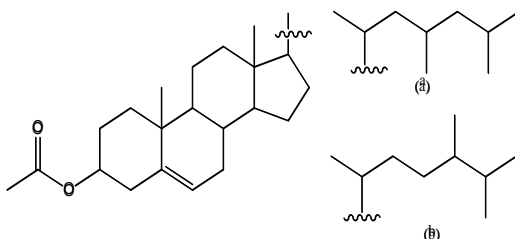


Figura 1. (a) acetato de 17-(4,6-dimetilheptan-2-ilo)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]phenanthren-3-ilo;

(b) acetato de 17-(5,6-dimetilheptan-2-ilo)-10,13-dimetil-2,3,4,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17-tetradecahidro-1H-ciclopenta[a]phenanthren-3-ilo

Análisis de subfracciones por cromatografía de gases con espectrometría de masas (CG/EM)

Tabla 4. Compuestos identificados en las subfracciones de *C. varians* mediante CG/EM.

| Sub-fracción | Compuestos | Fórmula molecular | TR (min) | % P | % A |
|--------------|--|-----------------------|----------|-----|-------|
| CV(2) | Hexacloroetano | C_2Cl_6 | 6,933 | 91 | 90,38 |
| | Ester mono (2-etilhexílico) del ácido 1,2-bencenodicarboxílico | $C_{16}H_{22}O_4$ | 10,63 | 96 | 9,62 |
| CV3-1 | octadecano | $C_{18}H_{38}$ | 21,813 | 85 | 9,21 |
| | 8-metil-heptadecano | $C_{17}H_{36}$ | 22,69 | 95 | 5,06 |
| | octadecano | $C_{18}H_{38}$ | 24,329 | 96 | 9,21 |
| | nonacosano | $C_{29}H_{60}$ | 26,804 | 95 | 8,19 |
| CV6 | heptadeciloxirano | $C_{19}H_{38}O$ | 24,036 | 96 | 7,75 |
| | 2, 6, 10,14, 18, 22-tetracosahexaeno, 2, 6, 10, 15, 19, 23-hexametilo | $C_{36}H_{50}$ | 26,282 | 96 | 5,58 |
| | octadecanal | $C_{18}H_{36}O$ | 22,026 | 94 | 7,75 |
| | 11-metilnonacosano | $C_{29}H_{62}$ | 26,688 | 92 | 2,11 |
| CV4 | heptadeciloxirano | $C_{19}H_{38}O$ | 24,036 | 96 | 7,75 |
| | colesta-3,5-dien-ona | $C_{29}H_{46}O_2$ | 22,281 | 90 | 2,39 |
| | eicosano | $C_{20}H_{42}$ | 23,543 | 87 | 1,78 |
| | 3-acetil-1-(3,4-dimetoxifenil)-5-etil-7,8-dimetoxi-3H-2,3-benzodiazepino | $C_{23}H_{26}N_2O_5$ | 27,214 | 96 | 8,81 |
| CV1-4 | 1,4-octadieno | C_8H_{14} | 22,133 | 85 | 0,30 |
| | colesta-3,5-dien-7-ona | $C_{27}H_{42}O$ | 22,341 | 80 | 2,24 |
| | 3-isopropoxi-1,1,1,5,5,5-hexametil-1,3-(trimetilsiloxi) trisiloxano | $C_{12}H_{34}Si_4O_4$ | 24,964 | 96 | 1,03 |

TR: tiempo de retención en minuto; %P: porcentaje de probabilidad; % A: porcentaje de área.



Conclusión

Se puede considerar que la especie *C. varians* es una fuente promisoría de compuestos biológicamente activos que pueden ser utilizados con fines terapéuticos.

Referencias

- Bauer, A.; Kirby, A.; Sherris, J. y Turk. M. 1966. Antibiotic susceptibility testing by standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4): 493-496.
- Blunt, J. 2006. Marine Natural Products. *Natural Products Reports*. 23: 26-78.
- Castellanos, H.; Mayorga, H. y Duque, C. 2010. Estudio de la composición química y actividad *antifouling* del extracto de la Esponja Marina *Cliona delitrix*. *Actualidades Biológicas*, 40: 30-40.
- Cedeño, R. 2010. Estudio químico y bioactividad de las esponjas marinas (Porifera: Demospongiae) más comunes de Isla Larga y Mangle Quemado, Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná.
- Marcano, D. y Hasegawa, M. 2002. Fitoquímica orgánica. UCV. Litopar. Venezuela.
- Mayer A.; Rodríguez A.; Berlinck R. y Hamann M. 2009. Marine pharmacology in 2005–2006: Marine compounds with anthelmintic, antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Biochimica et Biophysica Acta* 1790, 283-308.
- Madubunyi, I. 1995. Antimicrobial activities of the constituents of *Garcinia kola* seeds. *Intern. J. Pharm.*, 33(3): 232-237.
- Mora, J.; Newmark, F.; Santos, M. y Sánchez, J. 2008. Evaluación de extractos de esponjas marinas como nuevas fuentes de sustancias antimicrobianas. *Rev. Esp. Quimioter.*, 21(3):174-179.
- Lanza, V. 2012. Actividad biológica y metabolitos secundarios de esponjas marinas recolectadas en la Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela. Tesis Doctoral. Instituto Oceanográfico de Venezuela. Universidad de Oriente, Cumaná.
- Meyer, B.; Ferrigni, N.; Putnam, J.; Jacobsen, L.; Nicols, D. y McLaughlin, J. 1982. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*, 45(1): 31-34.
- Moura, R.; Queiroz, A.; Fook, J.; Dias, A.; Monteiro, N.; Ribeiro, J.; Moura, G.; Macedo, L.; Santos, E. y Sales, M. 2006. *Comp. Biochem. Physiol. A. Mol. Integr Physiol.*, 145(4): 517-523.
- Murillo, E. y Méndez, J. 2007. Guía metodológica para la detección rápida de algunos metabolitos secundarios. Departamento de Química. Facultad de Ciencias. Universidad de Tolima, Colombia. 25pp.



- Pino, O. y Jorge, F. 2010. Ensayo de *Artemia*: útil herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. *Revista protección vegetal*, 22:34-43.
- Stephan, C. 1977. Methods for calculating LC₅₀ En *American Society for Testing and Material (ASTM) aquatic toxicology and hazard evaluation*. F.L. Mayer y J. Hamelink (eds), Philadelphia, Pennsylvania, EEUU.





Contaminación

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



Determinación de As y Pb en sedimentos marinos de Bajo Alto-Machala-Provincia de El Oro mediante generación electroquímica de especies volátiles como técnica de introducción de muestra en espectroscopia de absorción atómica

Caiminagua, Andrea¹, Ghislaine M.¹, Fernández L.², Romero, Hugo¹, Lapo, Byron¹, Alvarado, José²

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Apartado 070151, Machala, Ecuador.

²Departamento de Química, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000, Caracas 1080-A, Venezuela.

E-mail: lfernandez@usb.ve

Resumen

La determinación de metales en sedimentos marinos es un buen indicador del origen de los contaminantes y del impacto que éstos pueden producir en la biota marina. La presencia de arsénico y plomo en el medio marino, pueden originar riesgos en la salud humana, utilizan la biota como fuente de alimentación. En este trabajo se reporta el diseño y optimización de parámetros operacionales de una celda electroquímica para generar $\text{AsH}_{3(g)}$ y $\text{PbH}_{3(g)}$, fácilmente acoplable a un Espectrofotómetro de Absorción Atómica, como técnica de introducción de muestra para la cuantificación de As y Pb en muestras de sedimentos marinos de la Comuna de Bajo Alto, parroquia Tendales, cantón El Guabo, provincia de El Oro, Machala. La bio-disponibilidad de metales en los sedimentos los hacen acumulables en algunas especies acuáticas, muchas de las cuales son extraídas de algunos sectores de Bajo Alto y comercializadas, ocasionando efectos que puedan alterar la salud a largo plazo si la exposición ha sido a concentraciones muy bajas en periodos prolongados e incluso la muerte si dichos organismos se encuentran expuestos a altas concentraciones. Bajo Alto, es una zona que puede captar contaminación en sus sedimentos debido a que allí desembocan ríos tales como el río Pagua, a quien se le atribuye contaminación por las zonas mineras aledañas al río, y el Jubones, vinculando su contaminación a la zona agrícola. La exactitud del método de cuantificación reportado, se verificó mediante la determinación de As y Pb en materiales de referencia certificados, optimizando



un método de digestión de muestra basado en digestiones ácidas. Se obtuvo un límite de detección sobre cátodos de Au/Hg, para As de $0.027 \mu\text{g L}^{-1}$; y $0,00043 \text{ mg L}^{-1}$ para Pb.

Palabras clave

Provincia del Oro, Ecuador, sedimentos, contaminación marina, arsénico, plomo.

Introducción

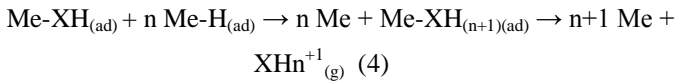
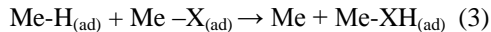
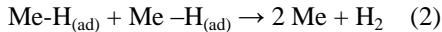
La elevada producción, dispersión y acumulación de compuestos tóxicos en el medio ambiente ha propiciado el deterioro y la contaminación del mismo, lo cual representa un peligro potencial para la supervivencia de los seres vivos. Esta situación ha generado la aparición en el ser humano de ciertos desórdenes clínicos ocasionados por la toxicidad de algunos metales pesados (Ladrón, 1995). La contaminación por metales pesados ocasiona graves daños en el estado fisiológico de los organismos afectados, ya que incluso a niveles de trazas, metales como arsénico (As) y plomo (Pb), generan alteraciones de diferentes índoles, incluyendo cambios metabólicos, neurológicos, de neuro-desarrollo mental y genético. De allí, la necesidad de realizar controles de la concentración de estos compuestos y desarrollar metodologías para su determinación en muestras biológicas y ambientales. Históricamente, las diferentes técnicas espectroscópicas, han jugado un papel destacado en la determinación de trazas de metales, alcanzándose en una gran variedad de muestras bajos límites de detección, amplios rangos lineales y determinaciones multielementales rápidas (Gallignani, 2004 y Doull, 1980). Sin embargo, la exactitud y la reproducibilidad de los resultados obtenidos mediante estas técnicas se ven afectadas por la matriz en la que se encuentre el analito, ya que normalmente la concentración analítica de interés es muy baja o la matriz de la muestra es muy compleja. Por ello, usualmente es necesario implementar metodologías de preconcentración y/o de introducción de muestras en el espectrofotómetro, que impliquen la separación del analito de la matriz (Crompton, 2001 y Farrow y Lewis, 1988). En este sentido, la generación electroquímica de hidruros como técnica de introducción de muestra, constituye un procedimiento ideal para el transporte de muestras en fase gaseosa y su posterior determinación por Espectroscopia de Absorción Atómica, presentando ventajas significativas; que se traducen en mejoras en sensibilidad y capacidad de detección (Denkhaus, 2001 y Laborda, 2007). El presente trabajo evalúa la generación electroquímica de arsina (AsH_3) y plumbano (PbH_4) utilizando diferentes materiales catódicos para la determinación de As y Pb. La eficacia de la metodología se ha demostrado mediante la determinación de estos metales por Espectroscopia de Absorción Atómica en materiales de referencia estándar y muestras de sedimentos marinos de la Comuna de Bajo Alto, provincia de El Oro-Ecuador,



esta última considerada una muestra con una matriz de las más complejas de tratar.

Materiales y métodos

La celda electroquímica utilizada se muestra en la Figura 1A. La reacción ocurre en la superficie del cátodo mediante la reducción del As^{3+} ó Pb^{2+} al estado elemental, y posteriormente su hidrogenación por átomos de hidrógeno producidos y adsorbidos en el mismo cátodo para formar el hidruro volátil, que será trasportado por gas argón (Ar) a través de una celda de cuarzo, para su posterior cuantificación en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Figura 1B). En las reacciones 1-3 se muestra la secuencia de pasos detallada, los cual se resumen en la reacción 4:



Dónde: X= elemento formador de hidruro

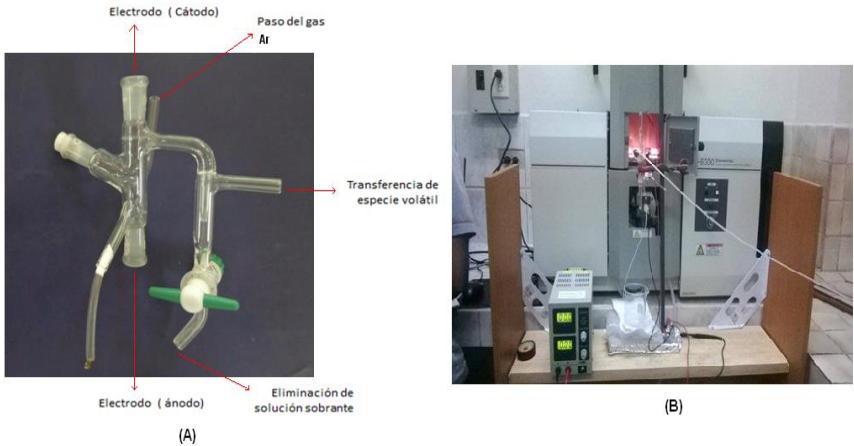


Figura 1. A) Celda electroquímica. B) Celda electroquímica acoplada al Espectrofotómetro de Absorción Atómica Shimadzu modelo AA-6300.

Tabla 1. Parámetros operacionales para el funcionamiento en la celda electroquímica

| Parámetros | |
|--|---|
| Materiales Catódicos | Au, Au/Hg, Ag, CV, Pb ó Pt |
| Superficie de cátodo (cm ²) | 3.0 |
| Material del Ánodo | Platino (Alambre en forma de espiral) |
| Corriente Electroquímica (A) | 0.6 – 0.8 |
| Electrolito (M) y Flujo de Argón (mL min ⁻¹) | H ₂ SO ₄ / HCl 0.5M y 50 mL/min |

Para la digestión, 0,4634 g ± 0,0001g de sedimentos marinos se trataron con 3 mL de HNO₃: HF: HClO₄ (3: 3: 1) y sometidos a horno microondas durante 20 minutos a un 90% de la potencia total, 800 watts. Esta solución se diluyó hasta 20 mL con HCl ó H₂SO₄ 0.5 M que contiene 25 % (m / V) de L-cisteína. Se determinó el contenido de As ó Pb utilizando curva de calibración de adición estándar.

Resultados

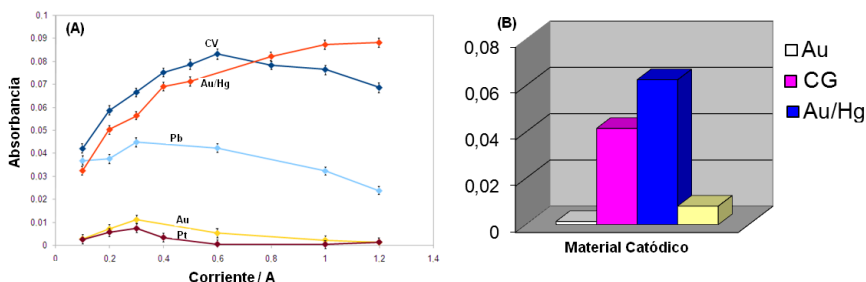


Figura 2. Efecto del material catódico sobre la señal de absorbancia de : A) As y B) Pb.

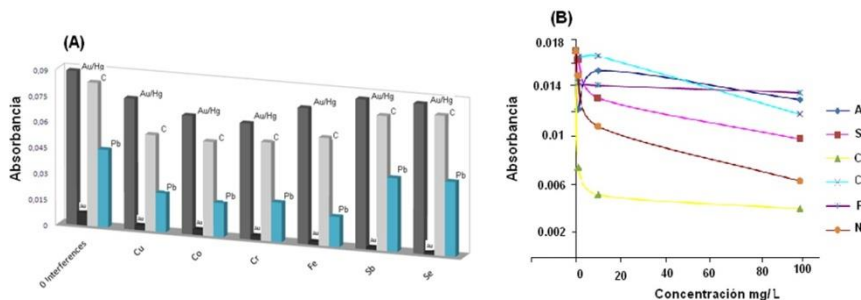


Figura 3. Efectos de posibles interferentes en el medio de reacción: A) As y B) Pb.



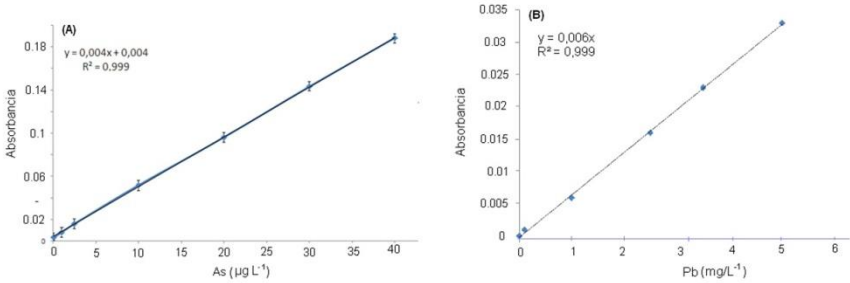


Figura 4. Curvas de calibración: A) As, en H_2SO_4 0.5 M, B) Pb en HCl 0.5 M. Sobre cátodo de Au/Hg.

Tabla 2. Estudios de recuperación de Pb en muestras de sedimento.

| Muestras | Pb añadido (mg L^{-1}) | Pb determinado (mg L^{-1}) | (%) Recuperación |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| Bajo Alto 1 | 5 | 1,70 | 99,70 |
| Bajo Alto 2 | 5 | 2,15 | 104,8 |
| Bajo Alto 3 | 5 | 1,55 | 103,5 |
| Bajo Alto 4 | 5 | 2,45 | 98,40 |
| Bajo Alto 5 | 5 | 1,75 | 99,80 |

Discusión

En general (Figura 2), al inicio de la reacción la intensidad de la señal de absorbancia de As y Pb aumentó con el aumento de la corriente, debido al aumento en la cantidad de hidruro generado (AsH_3 y PbH_4). Sin embargo, a valores altos de corriente la señal de absorbancia disminuye, resultado que hemos asociado al aumento acelerado en la producción de gas hidrógeno (H_2) en comparación a la producción del hidruro, a valores de corriente mayores de 0,8 A.

En la generación electroquímica de hidruros volátiles la reducción de iones interferentes sobre la superficie del cátodo compite con el proceso de reducción del analito de interés (Figura 3). Dicha generación no se afecta en presencia de iones de metales blandos (Ej.: Zn, Sn, etc.), ya que aunque estos iones pueden reducirse electroquímicamente debido al potencial aplicado al cátodo, los protones en el catolito son capaces de oxidar las especies metálicas formadas y competir con su reducción. Por lo tanto, la no interferencia de estos iones en la reacción podría ser debido a que no se depositan sobre los cátodos. En contraste, interferencias de iones de metales de transición (Ej.: Co^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , etc.), pueden ser el resultado de la modificación de la superficie del cátodo por la

forma reducida de estos interferentes. Los metales de transición se depositan sobre la superficie catódica y/o se dispersan sobre ella, por lo que el sobrepotencial de hidrógeno del cátodo se altera, generándose una disminución en la eficiencia de la formación del hidruro.

De acuerdo a las curvas de calibración (Figura 4), sobre el cátodo de Au/Hg se encontró: **Límite de detección**; para As $0.027 \mu\text{g L}^{-1}$; y $0,00043 \text{ mg L}^{-1}$ para Pb, calculado a partir de tres veces la desviación estándar de 10 medidas de la solución del blanco entre la pendiente de la curva de calibración.

Reproducibilidad (RSD); 2.4% para el As y 0.62% para el Pb. **Exactitud**; para el As por análisis de material de referencia de sedimento marino PACS-2 (Consejo Nacional de Investigación de Canadá), con un certificado de concentración de $26,2 \pm 1,5 \text{ mg / kg}$. El resultado promedio obtenido fue de $24,9 \pm 1,1 \text{ mg / kg}$, error de 2.4 %. Para el Pb por análisis de un material de referencia de hígado bovino 1577A CRM de NIST, con una concentración de Pb certificado de $0,135 \pm 0,015 \text{ mg g}^{-1}$. El resultado promedio obtenido para Pb fue $0,131 \pm 0,011 \text{ mg g}^{-1}$, error 3,0%. El análisis de muestras de sedimento marino de la comuna de Bajo Alto, arrojaron como resultados preliminares, un contenido de As del 0.05 mg/Kg , siendo el límite permitido por la Organización Mundial de la Salud de 5 mg/Kg . Para el Pb (Tabla 2), un valor promedio de 2.0 mg/L de Pb; valor no aceptado por la Organización Mundial de la Salud, que establece que los niveles de plomo en sedimento marino no debe superar 0.05 mg/L .

Conclusión

Utilizando el sistema generación electroquímica de hidruros propuestos, fue posible generar especies volátiles de As y Pb, los cuales se detectaron por Espectroscopia de Absorción Atómica. La eficiencia de la generación electroquímica de estas especies depende de diversos factores: tipo de material catódico, sobrepotencial de hidrógeno del material del cátodo, corriente de electrólisis entre otros. Los valores preliminares de Pb encontrados en muestras de sedimentos marinos de la Comuna de Bajo Alto, están fuera del valor aceptado por la Organización Mundial de la Salud, mientras los de As están aceptables.

Agradecimientos

Proyecto Prometeo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador y al Decanato de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar (USB), Caracas-Venezuela, por el apoyo financiero. Planta Piloto de Farmacia de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), Laboratorio de Espectroscopia Atómica y Electroanálisis



de la USB y al Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias Química y de la Salud de la UTMACH, por la asistencia técnica.

Referencias

- Ladrón, J. *et al.* 1995. Toxicología medica. Clínica Laboral. España Interamericana. McGrawHill.
- GalignaniI, M. 2004. Evaluación critica de diversos desarrollos metodológicos para la determinación de plomo en gasolina. Sociedad Venezolana de Química. 1: 27-32.
- Doull, J. *et al.* 1980. Toxicology: The Basic Science of Poisons. 2nd Ed, Casarett and Doull's, 345 pp.
- Crompton, T. 2001. Determination of Metals and Anions in Soils, Sediments and Sludges, 450 pp.
- Farrow, R. *et al.* 1988. Electrochemical detection of metals at gold ultramicroelectrodes with application to capillary electrophoresis *Analytical Proceedings* 25:157-164.
- Denkhaus, E. *et al.* 2001. Electrolytic hydride generation (EC-HG)- a sample introduction system with some special features. *J. Anal. At. Spectrom.* 16: 870-878.
- Laborda, F. 2007. Determination of Cadmium in Environmental Sample by Electrochemical Hydride Generation Electrothermal Atomic Absorption with in Situ Trapping in Graphite Tube Atomizer. *Anal. Bioanal. Chem.*, 388: 743-747.





Determinación de Sb en sedimentos marinos de Bajo Alto-Machala-Provincia de El Oro, mediante generación electroquímica de especies volátiles como técnica de introducción de muestra en Espectroscopia de Absorción Atómica

Jessenia Ordoñez¹, Viviana Cuevas¹, Romero Hugo¹, Lapo Byron¹, Alvarado José², Fernández Lenys²

¹Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Apartado 070151, Machala, Ecuador

²Departamento de Química, Universidad Simón Bolívar, Apartado 89000, Caracas 1080-A, Venezuela

Resumen

El antimonio (Sb) esta naturalmente en el medio ambiente, pero también entra en él a través de diversas actividades antropogénicas. La exposición de los humanos al antimonio puede tener lugar por la respiración, agua potable y la comida, contacto cutáneo, agua, etc. La contaminación de sedimentos marinos de Bajo Alto se debe principalmente a los desperdicios de la minería y agricultura expulsados a ríos, como el Jubones y el Pagua, que desembocan en Bajo Alto llevando consigo todos los desechos contaminantes. Esto provoca una contaminación en el agua, sedimentos marinos, animales, y seres humanos que se exponen continuamente; debido a que al haber contaminación por Sb en la biota marina las personas que residen cerca de este sector y que se sirven de las especies marinas como su principal fuente de alimentación y exposición al mar pueden presentar daños en la salud, tales como enfermedades pulmonares, problemas de corazón, diarrea, vómitos y úlceras estomacales. Este trabajo evalúa el comportamiento de la generación electroquímica de $\text{SbH}_{3(g)}$ para la cuantificación de Sb en sedimentos marinos de la Comuna de Bajo Alto, parroquia Tendales, cantón El Guabo, provincia de El Oro, Machala; sobre cátodos de oro, plata, oro amalgamado y plata amalgamada, con la finalidad de optimizar un material electrodico con características útiles en la generación del hidruro volátil del Sb. Los mejores resultados se lograron con oro amalgamado.



Los límites de detección se encontraron entre $0.007 \mu\text{g L}^{-1}$ y $0.056 \mu\text{g L}^{-1}$. La celda de reacción presenta un arreglo de tres electrodos con un alambre metálico como electrodo de trabajo, alambre de platino en forma de espiral como ánodo y electrodo de referencia de Ag/AgCl, la cual puede ser fácilmente acoplada a un Espectrofotómetro de Absorción Atómica vía un separador gas- líquido.

Palabras clave

Generación Electroquímica de Hidruros, Sedimentos Marinos

Introducción

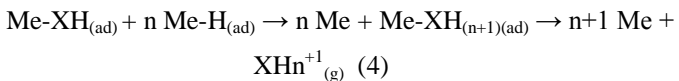
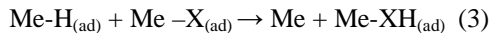
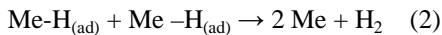
El antimonio (Sb) y sus compuestos derivados, están en la lista de contaminantes de interés prioritario en la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos y el Consejo de la Unión de Comunidades Europea (Quentel, 2002). La contaminación diaria de antimonio es, al parecer, significativamente mayor por exposición que por ingestión, ya que el consumo total procedente de fuentes medio ambientales, como los alimentos y el agua es muy bajo comparado con la exposición por motivos laborales. La exposición a cantidades relativamente altas de antimonio, 9 mg/m^3 de aire, durante un largo periodo de tiempo puede provocar irritación de los ojos, piel y pulmones. Si la exposición continúa se pueden producir efectos más graves, tales como enfermedades pulmonares, problemas de corazón, diarrea, vómitos severos y úlceras estomacales (OMS, 2003). La cuantificación de este elemento en sistemas ambientales no es un procedimiento común, posiblemente porque los niveles tienden a ser bastante bajos (Crecelius, 1975) El procedimiento analítico para determinar niveles de Sb en sistemas contaminados, por lo tanto tiene que ser muy sensible y capaz de diferenciar entre especies Sb^{3+} y Sb^{5+} , debido a que el umbral de toxicidad del Sb, varía con el estado de valencia del elemento. Una técnica analítica que cumple estas especificaciones es la Espectroscopia de Absorción Atómica, donde se han logrado límites de detección entre $0,1- 0,5 \mu\text{g} / \text{L}$, mediante la generación de hidruros como técnica de introducción de muestra. La principal ventaja de esta técnica es la pre-concentración y separación del analito a partir de la matriz de la muestra; lo que se traduce en mejoras en sensibilidad y capacidad de detección (Denkhaus, 2001 y Laborda, 2007). La generación electroquímica de hidruros volátiles no requiere de reductante químico, disminuyendo así el riesgo de contaminación. Además, las condiciones experimentales no son tan críticas y la influencia del estado de oxidación del analito en el rendimiento del hidruro, puede ser eliminada dependiendo del



material catódico utilizado. La búsqueda de materiales catódicos convenientes, con sobrepotenciales de hidrógeno adecuado, capaces de soportar interferencias a concentraciones altas y suficiente estabilidad mecánica, es un reto en la literatura. El presente trabajo evalúa la generación electroquímica de estibina (SbH_3) utilizando cátodos de oro y plata amalgamados. La eficacia de la metodología se ha demostrado mediante la determinación de Sb por Espectroscopia de Absorción Atómica, en un material de referencia estándar y muestras de sedimentos marinos de la Comuna de Bajo Alto, Provincia de El Oro-Ecuador.

Materiales y métodos

La celda electroquímica utilizada se muestra en la Figura 1A; donde la reacción ocurre en la superficie del cátodo de Ag, Au, Au/Hg ó Ag/Hg mediante la reducción del Sb^{3+} ó Sb^{5+} al estado elemental Sb^0 , y posteriormente su hidrogenación por átomos de hidrógeno producidos y adsorbidos en el mismo cátodo para formar el hidruro volátil $\text{SbH}_{3(\text{g})}$, compuesto que será trasportado por gas argón (Ar) a través de una celda de cuarzo, para su posterior cuantificación en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica (Figura 1B). En las reacciones (1-3) se muestra la secuencia de pasos detallada, los cuales se resumen en la reacción (4):



Dónde: X = elemento formador de hidruro



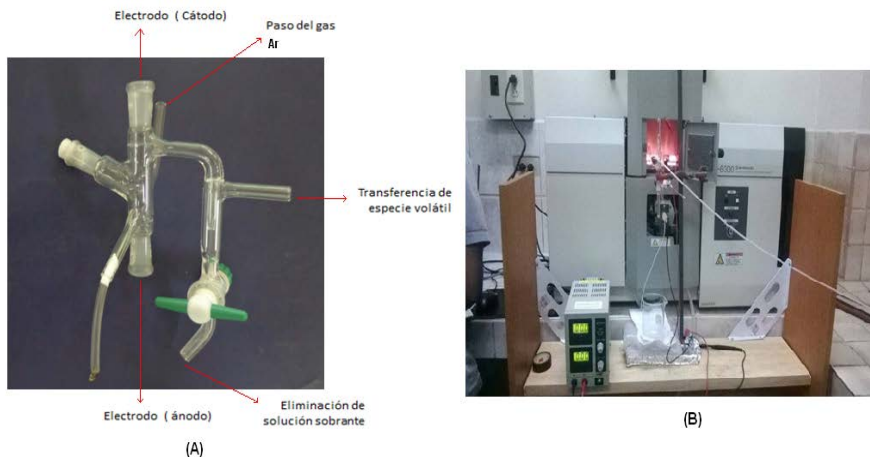


Figura 1. A) Celda Electroquímica . B) Celda electroquímica acoplada al Espectrofotómetro de Absorción Atómica

Tabla 1. Parámetros operacionales para el funcionamiento de la celda electroquímica, mediante una fuente de potencial Extech modelo 382202.

| Parámetros | |
|---|---|
| <i>Materiales Catódicos</i> | Au, Au/Hg, Ag, y Ag/Hg |
| <i>Superficie de cátodo (cm²)</i> | 3.0 |
| <i>Material del Ánodo</i> | Platino (Alambre en forma de espiral) |
| <i>Corriente Electroquímica (A)</i> | 0.6 – 0.8 |
| <i>Electrolito (M) y Flujo de Argón (mL min⁻¹)</i> | H ₂ SO ₄ / HCl 0.5M y 50 mL/min |

Para la digestión de 0,4634 g ± 0,0001g de sedimentos marinos, se trataron con 3 mL de HNO₃: HF: HClO₄ (3: 3: 1) y en un horno microondas durante 20 minutos a un 90% de la potencia total, 800 watts. Esta solución se diluyó hasta 20 mL con HCl 0.5 M que contiene 25 % (m/V) de L-cisteína. Se determinó el contenido de antimonio utilizando curva de calibración simple.



Resultados

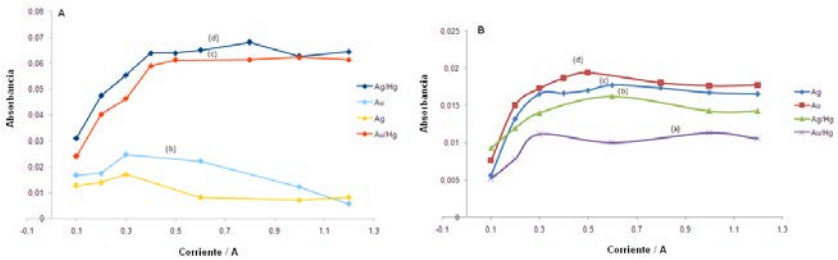


Figura 2. Efecto del estado de oxidación de Sb en la generación de SbH_3 , a partir de soluciones $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ en H_2SO_4 y 10 mg L^{-1} en: A) Sb^{+3} y B) Sb^{+5} .

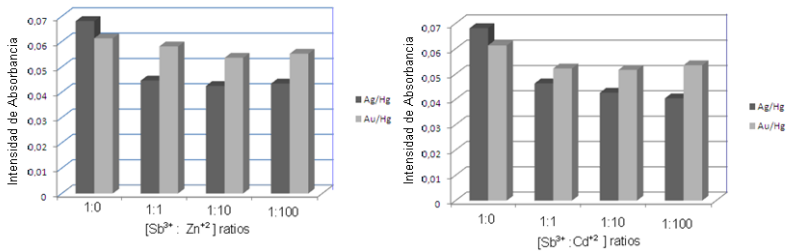


Figura 3. Interferencia de los iones Zn y Cd en la determinación de Sb.

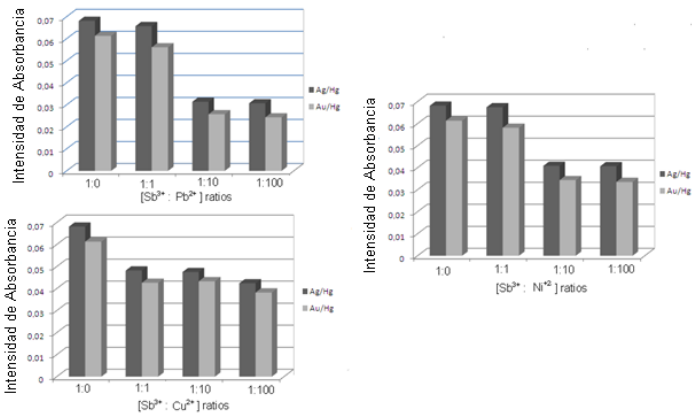


Figura 4. Interferencia de iones de Pb, Ni, y Cu en la determinación de Sb.



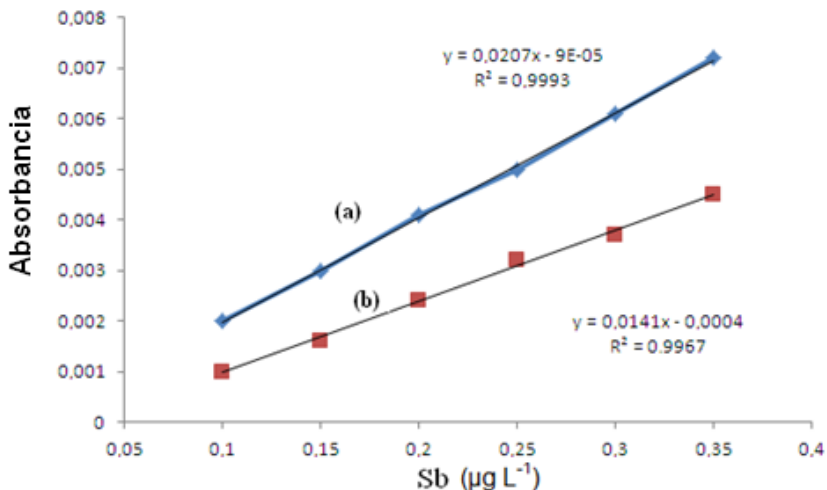


Figura 5. Curvas de calibración a partir de : a) Sb³⁺, b) Sb⁵⁺

Tabla 2 . Cuantificación de Sb en sedimentos marinos. Sobre cátodo de Au/Hg

| Muestra | Sb adicionado (µg L ⁻¹) | Sb encontrado (µg L ⁻¹) | Recuperado (µg L ⁻¹) | Recuperación (%)* |
|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Sedimento Marino 1 | 0,25 | 0,11 ± 0.3 | 0,36 ± 0.4 | 98 |
| Sedimento Marino 2 | 0,25 | 0,18 ± 0.2 | 0,44 ± 0.2 | 103 |
| Sedimento Marino 3 | 0,25 | 0,15 ± 0.6 | 0,44 ± 0.8 | 101 ± 4.0 |

(*) % R = (Recuperado - Encontrado) / Adicionado x 100

Discusión

Oro (Au), plata (Ag), Ag/Hg y Au/Hg fueron evaluados como materiales catódicos para la generación electroquímica de estibina (SbH₃), a fin de cuantificar Sb en muestras de sedimentos marinos. Las figura 1 muestra la señal



de absorbancia de Sb durante la generación electroquímica de SbH_3 , partir de Sb^{3+} (A) y Sb^{5+} (B). Cuando el SbH_3 se generó a partir Sb^{3+} , sobre cátodos de Au y Ag (Figure 2Aa y Figura 2Ba-b, respectivamente) la señal de absorbancia disminuye a valores de corriente superiores a 0,3 A, alcanzando un valores constantes cuando se generó a partir Sb^{5+} . La disminución de la absorbancia a altos valores de corriente puede ser debido a la tendencia de los cátodos de Ag y Au a generar hidrógeno a bajos sobre-potenciales; lo que origina mayor producción de gas H_2 que del gas SbH_3 . Sobre los cátodos amalgamados, se observó que el cátodo Ag/Hg muestra mayor sensibilidad que el cátodo Au/Hg (Figura 2B). Sin embargo, las mediciones sucesivas durante cinco días indicaron que el cátodo Au/Hg no presento prácticamente ningún cambio en la respuesta, mientras que el cátodo Ag/Hg fue inestable en su comportamiento. Sugiriendo estos resultados al cátodo de Au/Hg como adecuado para la resistencia a la pasivación superficial. Por otro lado, cuando la especie volátil se genera a partir de Sb^{5+} , en todos los cátodos estudiados, se observó menos señal analítica de Sb en el espectrofotómetro (Figura 2B c-d), en contraste cuando se genera a partir de Sb^{3+} , se obtuvo una analítica apreciable (Figura 2A c-d). Los resultados mostrados sugieren al cátodo de Au/Hg para la realización de las determinaciones experimentales; y además de predecir que se debiera de obtenerse mejores resultados generando el hidruro volátil a partir de la especie Sb^{3+} , por lo que muestra de sedimento marino debe tratarse químicamente a fin de tener la mayor parte del Sb presente en su forma Sb^{3+} .

El efecto de posibles iones interferentes en el sistema estudiado, se investigó mediante la preparación de estándares en proporciones de $[\text{Sb}^{3+} : \text{interferente}]$ igual a [1: 1], [1:10] y [1: 100]. Sobre el cátodo Au/Hg con los iones Zn^{2+} y Cd^{2+} (Figura 3), no se observaron diferencias significativas entre las señales de absorbancia sin interferente y con interferentes en el medio. Mientras sobre el cátodo de Ag/Hg cuando la cantidad de Zn^{2+} y Cd^{2+} fue de 10 a 100 veces mayor a la del Sb^{3+} , la señal disminuyó entre un 34-40%, respectivamente. En particular, el Cd fue el de mayor injerencia de los sistemas estudiados. La Figura 4, muestra el efecto interferente de algunos metales de transición en el medio de reacción. Sobre el cátodo de Au/Hg, la presencia de Pb entre 10- 100 veces mayor a la concentración del Sb^{3+} disminuyó la señal Sb en un 58% y 54% sobre el cátodo de Ag/Hg. Resultado que puede ser consecuencia de la formación de productos colaterales, tales como PbH_4 (Sáenz, 2012 y Bolea, 2001) y/o el adduto intermetálico Sb-Pb (Zmen, 2004). Sobre el cátodo Au/Hg la presencia de Cu^{2+} a una concentración igual a la del Sb^{3+} , disminuyó la señal en un 29% ; cuando se aumento la concentración a 10 veces la cantidad de Sb^{3+} , no se observó ningún cambio en la señal. Presencia de Cu^{2+} en una concentración 100 veces mayor de Sb^{3+} , disminuyó la señal en un 38%. Similares resultados se obtuvieron sobre el cátodo Ag/Hg en presencia de Cu^{2+} . Concentraciones de Ni^{2+}



entre 10-100 mayores a la concentración de Sb^{3+} disminuyó la señal en 40% sobre Au/Hg, y en un 44% sobre Ag/Hg. Comparando los resultados obtenidos con estos reportado en la literatura [30], se obtuvo que empleando cátodos de Au/Hg, se puede disminuir los efectos de interferencia significativamente.

La Figura 5 muestra la curva de calibración construida bajo condiciones óptimas. La sensibilidad del método sobre el cátodo de Au/Hg fue 0,002 unidades de absorbancia $\mu\text{g L}^{-1}$, cuando la especie volátil se generó a partir de Sb^{3+} (Figura 5a) y 0,001 unidades de absorbancia $\mu\text{g L}^{-1}$ cuando se generó a partir de Sb^{5+} (Figura 5b). El límite de detección calculado fue de 0.007 $\mu\text{g L}^{-1}$ (a partir de Sb^{3+}) y 0.056 $\mu\text{g L}^{-1}$ (a partir de Sb^{5+}). La reproducibilidad (% RSD) de diez mediciones consecutivas de una solución 0,2 $\mu\text{g L}^{-1}$ de Sb fue de 2,0% a partir de Sb^{3+} y 3,1% a partir de Sb^{5+} . La exactitud del método se evaluó a través del análisis de un material de referencia PACS-2 (Consejo Nacional de Investigación de Canadá) de sedimentos marinos; se obtuvo una concentración de Sb de $9,04 \pm 1,5 \mu\text{g g}^{-1}$, resultado de las mediciones de tres réplicas de digestiones y tres inyecciones, valor estadísticamente concordante con el valor certificado ($11,3 \pm 2.6 \mu\text{g g}^{-1}$). El método propuesto se aplicó en la determinación de Sb en muestras de sedimentos marinos de la Comuna de bajo Alto Provincia de El Oro – Ecuador; siendo los porcentajes de recuperación satisfactorios (Tabla 2).

Conclusión

Se ha demostrado la aplicación de los cátodos amalgamados Au y Ag (Au/Hg y Ag/Hg, respectivamente) en la generación electroquímica de estibina, los cuales presentaron mejores características que los cátodos utilizados tradicionalmente. El método propuesto tiene importantes ventajas, que incluyen un alto grado de sensibilidad en la determinación de antimonio, y su capacidad de no estar influenciado significativamente por interferentes. El cátodo de Au/Hg es fiable y robusto, por lo cual puede ser utilizada durante largos períodos de tiempo sin deterioro en el rendimiento de reacción. Sin embargo, el cátodo de Ag/Hg es menos resistente y no es tan estable durante largos períodos de tiempo. La metodología desarrollada puede ser aplicada para la determinación de Sb en sedimentos marinos. Pero además, puede ser propuesta para la determinación de Sb en cualquier muestra real, ya que el antimonio está en la lista de contaminantes de interés prioritario para la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos y el Consejo de la Unión de Comunidades Europeas.



Agradecimiento

Los autores desean agradecer al Proyecto Prometeo de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación de la República del Ecuador y el Decanato de Investigación y Desarrollo de la Universidad Simón Bolívar (USB), Caracas-Venezuela, por el apoyo financiero. También damos las gracias a la Plata Piloto de Farmacia de la Universidad Técnica de Machala, al Laboratorio de Electroanálisis y Espectroscopia Atómica en USB y al Laboratorio de Investigación de la Universidad Técnica de Machala, por su valiosa asistencia técnica.

Referencias

- Quentel, F. et al. 2002. Determination of inorganic antimony species in seawater by differential pulse anodic stripping voltammetry: stability of the trivalent state *Anal. Chim. Acta.* 452: 237-244.
- Antimony in drinking-water. (2003). Documento de referencia para la elaboración de las Guías de la OMS para la calidad del agua potable. OMS: Ginebra (Suiza), Organización Mundial de la Salud, 249
- Creclius, E. et al. 1975. Geochemistries of arsenic, antimony, mercury, and related elements in sediments of Puget Sound. *Environ. Sci. Technol.* 9: 325-333.
- Denkhaus, E. et al. 2001. Comment on Electrolytic hydride generation (EC-HG)—a sample introduction system with some special features. *J. Anal. At. Spectrom.* 16: 870-878.
- Laborda, F. 2007. Determination of Cadmium in Environmental Sample by Electrochemical Hydride Generation Electrothermal Atomic Absorption with in Situ Trapping in Graphite Tube Atomizer. *Anal. Bioanal. Chem.*, , 388: 743-747.
- Sáenz, M. et al. 2012. Electrochemical generation of volatile lead species using a cadmium cathode: Comparison with graphite, glassy carbon and platinum cathodes. *Spectrochimica Acta Part B.* 71-72 :107-111.
- Bolea, E. et al. 2001, Interferences in electrochemical hydride generation of hydrogen selenide. *Spectrochim. Acta Part B.* 56: 2347-2360.
- Zmen, B. et al. 2004. Optimization and evaluation of different chemical and electrochemical hydride generation systems for the determination of arsenic by microwave plasma torch optical emission spectrometry, *Spectrochim. Acta Part B.* 59 :941- 950.





Efecto del cadmio en la regeneración de concha en juveniles de la ostra perla *Pinctada imbricata*

Malavé K.¹, Guevara M.¹, Lemus M.¹ y Lodeiros C.^{1,2}

¹Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Consejo de Investigación, Universidad de Oriente, Cumaná 6101, edo. Sucre, Venezuela.

²Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas, Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

E-mail: katherinemalave57@gmail.com.

Resumen

La regeneración de concha se analizó como índice fisiológico para pruebas de toxicidad por cadmio (Cd) en juveniles (20-30 mm de longitud dorso-ventral) de la ostra perla *Pinctada imbricata*. Se realizaron 3 bioensayos para: 1) seleccionar la mejor zona de regeneración de la concha (márgenes posterior, anterior y ventral), 2) determinar dosis subletales del cadmio y 3) determinar el efecto de las dosis subletales en los organismos. El bioensayo de regeneración de concha, mostró un crecimiento de $0,78 \pm 0,083$ mm en la zona ventral, mientras que la zona posterior regeneró $0,51 \pm 0,044$ mm a las 72h; a las 96h los organismos regeneraron $0,9 \pm 0,073$ mm de concha en la zona ventral, mientras que en la zona posterior el crecimiento fue de $1,06 \pm 0,114$ mm. A pesar de la rápida regeneración en la zona posterior, no hubo diferencias significativas en la regeneración de concha con respecto a la zona ventral a las 96h. Se estimó una $DL_{50\%}$ de 1,68 ($\pm 0,17$ ppm de Cd, intervalo de confiabilidad al 95%). Al exponer la ostra a las dosis 0,0; 0,2; 0,4; 0,8 y 1,6 ppm de Cd, se observó una clara tendencia a la generación de concha a medida que la dosis de Cd en el medio era menor a las 96h de exposición; no obstante, no se encontró relación significativa con los demás índices estudiados (consumo de oxígeno, ARN/ADN, masa corporal). Los resultados muestran la factibilidad del uso de la regeneración de concha como índice fisiológico para evaluar el efecto de xenobióticos en juveniles de la ostra perla *P. imbricata*.

Palabras clave

Pruebas toxicológicas, moluscos, bivalvo, Caribe, ostra madre.



Introducción

En los últimos años ha aumentado el interés por estudiar el efecto de la contaminación en el medio marino, debido al rápido desarrollo industrial, siendo los metales pesados uno de los contaminantes más importantes y estudiados, entre los que se encuentra, el cadmio (Cd) (Yuan *et al.*, 2004).

Los bivalvos han sido ampliamente utilizados para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos ya que tienen la capacidad de bioacumular contaminantes presentes del medio, tanto en el tejido blando como en la concha; además su carácter sésil los hace útiles como reveladores de los eventos que ocurren en las áreas donde habitan (Tynan *et al.*, 2005). La ostra perla *Pinctada imbricata* es un bivalvo perteneciente a la familia Pteriidae, que se distribuye a lo largo de las costas venezolanas y del Caribe y muestra ser una especie cosmopolita de los mares tropicales y subtropicales, por lo cual ha sido sugerida como una especie modelo para ser usada en pruebas de toxicidad (Lodeiros, 2010).

La formación de concha simplemente se observa realizando medidas de aumento de la misma, lo cual le da un carácter de análisis sencillo como para considerarla como variable en bioensayos de carácter universal.

Tomando en consideración la regeneración de concha como índice adecuado para determinar efectos por agentes xenobióticos en *Pinctada imbricata*, se evaluó la regeneración en varias zonas de la concha, así como el efecto de dosis subletal del cadmio utilizando varios índices, con el fin de sugerir un posible protocolo para el uso de este índice en función de determinar efectos por xenobióticos.

Materiales y métodos

Con la finalidad de observar la mejor zona de regeneración de concha *P. imbricata*, se realizó un bioensayo de 96h con juveniles (20-25 mm de longitud máxima en agua de mar previamente filtrada por 1 μ m y tratada con luz ultravioleta, aireación constante, 22°C y Salinidad 36 UPS, alimentados con 10.000 cel/mL de la microalga *Tetraselmis chuii*) a los cuales se les sustrajo 3-5 mm de concha con la ayuda de un *dremel*, diferenciando los grupos con sustracción de la zona de la concha anterior, posterior y ventral.

Diariamente se tomaron cinco individuos, a los cuales se les determinó la generación de concha (lamelas generadas) midiendo su dimensión con la ayuda de un analizador de imágenes incorporado a una lupa óptica.

Con la finalidad de elegir las dosis subletales de cadmio en juveniles de *P. imbricata*, se realizó un bioensayo para determinar la Dosis Letal Media (DL₅₀), siguiendo los criterios sugeridos por organizaciones internacionales como la ASTM y FAO.



Tomando como punto de partida la $DL_{50\%}$ se estableció una batería de envases experimentales con 4 dosis subletales de 0,2; 0,4; 0,8 y 1,6 ppm/L y un control sin Cd. El diseño experimental consistió en exponer a tres replicas de grupos experimentales de 25 juveniles de *P. imbricata* durante 96 h, en las condiciones de laboratorio antes señaladas con organismos donde les sustrajo entre 3-5 mm de concha de la zona ventral. Al final del experimento a cada réplica se les determinó el consumo de oxígeno de sus organismos, el peso de sus tejidos y el índice de ARN/ADN mediante el método.

Resultados

En el bioensayo de la zona de regeneración de cocha, la zona anterior no mostró formación de concha, en contraste con las zonas ventral y posterior que mostraron crecimiento de la concha a partir de las 72 h (Fig. 1-Regeneración de concha); a este momento, la zona ventral mostró un mayor crecimiento que la posterior (0,68±0,194 y 0,25±0,253 mm), al final del bioensayo los valores promedios de regeneración de concha en ambas zonas fueron similares (0,91±0,011 y 0,89±0,323 mm; Figura 1 Regeneración de concha). De manera similar a la medida de regeneración de la concha, el porcentaje de individuos que formaron nueva concha, no mostró diferencias significativas entre las zonas de regeneración y el tiempo (ANOVA II, $P>0,05$); no obstante, la zona ventral fue la que alcanzó un promedio del 50% de los organismos con respuesta a la regeneración a las 96 h (Fig. 1-% organismos con regeneración de concha). Los índices de dispersión en los tratamientos de este experimento fueron elevados, mostrando mayor variabilidad la zona de posterior. Esto, permitió la elección de la zona ventral y tiempo de experimentación para los subsiguientes bioensayos.

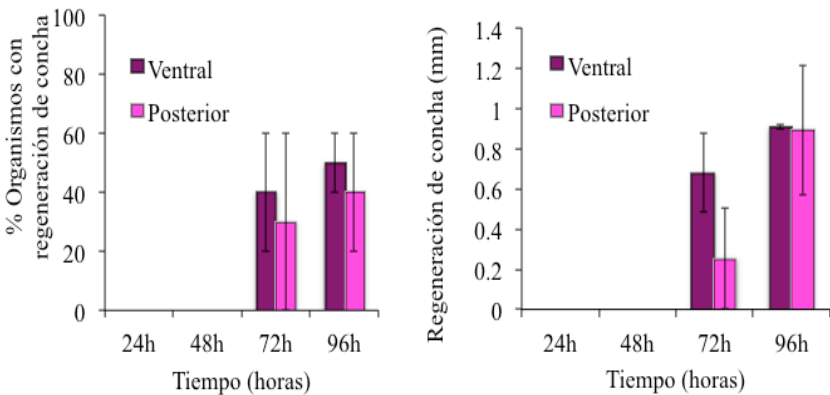


Figura 1. Regeneración de concha (mm) y porcentaje de organismos con regeneración de concha de los juveniles de *Pinctada imbricata*.



Aplicando el método Probit se determinó una $DL_{50\%}$ de 1,68 ppm, con un límite de confianza al 95% de 0,36 (intervalos 1,49-1,85) en la población experimental (integrando todos los individuos de las réplicas por tratamiento), seleccionando para el subsiguiente ensayo de efecto subletal dosis menores a la letal de la $DL_{50\%}$ (0; 0,2; 0,4; 0,8, y 1,6 ppm). Al utilizar estas concentraciones subletales, y a pesar de observar una tendencia de aumento del consumo de oxígeno y disminución del índice ARN/ADN en los tratamientos de mayor concentración de Cd, en estos índices y el de las masas que no muestra tendencia alguna (Figura 2), no se detectaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre las concentraciones de Cd utilizadas.

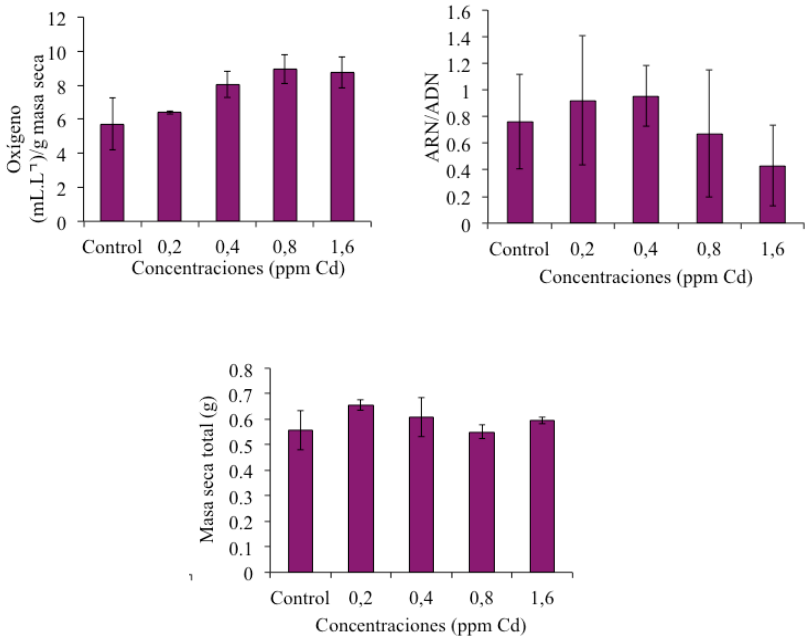


Figura 2. Consumo de oxígeno, Relación ARN/ADN y Masa seca total en los juveniles de *Pinctada imbricata* expuestos a distintas concentraciones de Cd. Las barras muestran el error estándar.

No obstante, la respuesta de formación de regeneración mostró diferencias significativas (ANOVA I, $P<0,05$), con un comportamiento inversamente proporcional a la concentración de Cd, no evidenciándose formación de concha en la concentración más alta (1,6 ppm de Cd; Fig. 3). Los organismos del grupo control (0 Cd) mostraron un crecimiento significativamente mayor de la concha ($2,47 \pm 0,678$ mm; Duncan, $P<0,05$) que las ostras de los demás tratamientos.



Por último, el tratamiento de 0,8 ppm de Cd ($0,47 \pm 0,327$ mm) no mostró diferencias significativas con el de 0,4 ppm Cd ($0,59 \pm 0,485$ mm), pero si con el de 0,2 ppm Cd ($1,11 \pm 0,820$ mm).

De igual manera, se detectaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de organismos con regeneración de concha formando los mismos grupos descritos en la regeneración de concha (ANOVA I, Duncan, $P < 0,05$). Los organismos del grupo control regeneraron la concha en un 100%, los del grupo expuesto a 0,2 ppm Cd respondieron en un 86,7%, los de 0,4 ppm Cd en un 60% y los de 0,8 ppm Cd en 40%, ningún organismo del grupo de 1,6 ppm de Cd manifestó regeneración de concha (Fig. 3).

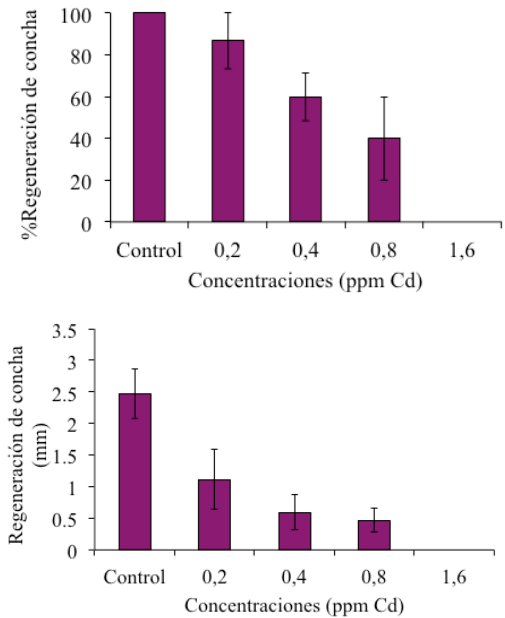


Figura 3. Regeneración de concha (mm) y porcentaje de organismos con regeneración de concha de los juveniles de *Pinctada imbricata* expuestas a dosis subletales de Cd.

Conclusiones

* La parte ventral de la concha de los juveniles de *Pinctada imbricata* fue la mejor zona para la observación de regeneración de concha. Se descarta la zona anterior por no presentar regeneración de concha durante la experimentación.



* Los juveniles de *Pinctada imbricata* presentaron una $DL_{50\%}$ de 1,68 ppm de Cd con intervalos de confianza al 95% de 1,49 a 1,85, mostrando una elevada sensibilidad al Cd.

* La regeneración de concha, medida tanto por el porcentaje de organismos con concha regenerada o bien el crecimiento de concha regenerada mostró ser índice adecuado para la medición de efectos subletales en *Pinctada imbricata*.

Referencias

- Lodeiros, 2011. Selección de especies de moluscos bivalvos en el nororiente de Venezuela para ser utilizados en bioensayos de toxicidad. X Congreso SETAC 2011.
- Tynan, S.; Eggins, S.; Kinsley, L.; Welch, S. y Kirste, D., 2005. Mussel shells as environmental tracers: an example from the loveday basin. En: Roach, I.C. (Ed.), Ten years of CRC LEME. CRC LEME, p. 314-117.
- Yuan, Ch.; Shi, J.; He, B.; Liu, J.; Liang, L. y Jiang, G. 2004. Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China Sea by ICP-MS with sequential extraction. *Environ. Inter.* 30: 769– 783.



Presencia de virus entéricos en la ostra perla *Pinctada imbricata* (Röding 1798) del nororiente de Venezuela

Maldonado, A.J.¹, Zambrano, Z.A.², Bastardo, J.W.¹

¹ Laboratorio de Virología, Postgrado en Biología Aplicada, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

² Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, estado Sucre, Venezuela.

E-mail: mcheo@yahoo.com

Resumen

Los patógenos entéricos hepatitis A (VHA), norovirus (NoV) y rotavirus (RV) son contaminantes de los moluscos bivalvos que se cultivan cerca de aguas residuales, causando enfermedades a los consumidores de estos productos marinos. Debido al carácter filtrador de los bivalvos, se hace necesario una estricta vigilancia para garantizar su inocuidad. En Venezuela, la ostra perla, *Pinctada imbricata* (Röding 1798), supone un recurso importante en términos de producción por extracción, desde épocas de la colonia, y actualmente es una especie considerada para el aumento de su producción por actividades de acuicultura. El objetivo del presente trabajo fue detectar la presencia ARN de norovirus y rotavirus en ostras. Se analizaron 120 muestras de la glándula digestiva de ostras perlas (distribuidas en 15 *pools*) sustraídas de organismos provenientes de establecimientos de ventas de productos marinos de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. La presencia del genoma de NoV y RV fue determinada con la técnica RT-PCR convencional, utilizando dos métodos de procesamiento, dos métodos de extracción de ácidos nucleicos y diferentes juegos de oligonucleótidos para cada uno de los virus. Se logró amplificar el genoma de NoV en 13 de los 15 *pools* de tejido con la combinación de los métodos de procesamiento de Atmar *et al.* (1995) y de extracción de ácidos nucleicos de Boom *et al.* (1990) utilizando el par de oligonucleótidos JV12 y JV13. No se logró amplificar el genoma de RV. La presencia de norovirus en las muestras de ostras indica que existe contaminación fecal en los productos a disposición del consumidor, estos virus contaminantes provienen de las aguas de los bancos naturales o de donde son acopiadas para luego venderlas. Este es el primer reporte en Venezuela de dichos virus en la ostra perla *Pinctada imbricata* utilizando técnicas de biología molecular. Se sugiere incorporar estas técnicas de



diagnóstico preciso en laboratorios de control rutinario para gestionar una mayor salud del consumidor.

Palabras clave

Virus entéricos; ostras; RT-PCR.

Introducción

Los productos extraídos del mar constituyen una proporción muy importante de los recursos alimenticios a escala mundial, sin embargo, las aguas donde se desarrollan estos organismos deben garantizar las condiciones idóneas para su crecimiento, desarrollo e inocuidad. La contaminación del medio marino por desechos industriales, fertilizantes, insecticidas y de aguas servidas ponen en riesgo dichas condiciones. La contaminación fecal, procedente de las aguas residuales es un ejemplo de ello, situación que no sólo lleva consigo cambios importantes en las características físico-químicas y biológicas del ecosistema marino, sino también por un riesgo potencial para la salud pública por el consumo directo de los organismos marinos como peces, moluscos y crustáceos (Herrero *et al.*, 1999; Pina, 2001). En el caso de los moluscos bivalvos, por ser organismos filtradores, pueden consumir partículas en suspensión durante su proceso de alimentación, entre las cuales se pueden encontrar bacterias, virus y protistas planctónicos, que finalmente son retenidos en el tracto digestivo a través de movimientos ciliares (Di Girolamo *et al.*, 1977; Tierney *et al.*, 1982) o en los hemocitos (Provost *et al.*, 2011), como en el caso de algunos virus, y permanecer viables.

Los virus patógenos al humano que pueden ser transmitidos por los moluscos bivalvos son los virus entéricos, llamados así porque sólo se replican en el intestino de personas infectadas. Son muy resistentes y sobreviven a las condiciones adversas del medio intestinal. Los principales virus entéricos involucrados en brotes de gastroenteritis transmitida por el consumo de bivalvos crudos o mal cocinados son norovirus (NoV), virus de la hepatitis A (VHA) y rotavirus (RV) (Griffin *et al.*, 2003).

A nivel mundial muchos son los estudios que se han realizado para detectar la presencia de norovirus y rotavirus en moluscos bivalvos. Algunos estudios sobre la detección de norovirus en organismos marinos los han realizado Nishida *et al.* (2003) en Japón en ostras, donde encontraron el virus en un 9% de las muestras, y el de Myrmel *et al.* (2004) en Noruega en mejillones y ostras, con una prevalencia de 6,8%. Otros estudios se han basado en la detección de ambos virus simultáneamente, como el de Le Guyader *et al.* (2000) en Francia en ostras y mejillones, detectando norovirus en un 23% de las muestras de ostras y en un 35% de las muestras de mejillones, mientras que rotavirus estuvo presente en un 27% de las muestras de ostras y en un 52% de las muestras de mejillones.



La técnica estándar más utilizada en la detección e identificación de virus con genoma de ARN (NoV y RVH) en moluscos es la retrotranscripción acoplada a la reacción en cadena de la polimerasa (RT-PCR) por ser mucho más sensible, rápida y específica (Le Guyader *et al.*, 1993; Herrero *et al.*, 1999). Sin embargo, esta técnica puede ser afectada por inhibidores (contaminantes orgánicos e inorgánicos en los moluscos) que atenúan e impiden la completa amplificación del genoma. Algunos autores han dedicado estudios a la búsqueda de metodologías que permitan eliminar estos agentes inhibidores, sin embargo aún no se ha podido desarrollar un único método que sea fácil y eficiente para múltiples virus (Lees *et al.*, 1994; Atmar *et al.*, 1995; Chung *et al.*, 1996). Las metodologías desarrolladas hasta el momento están basadas en procesos fisicoquímicos que permiten concentrar y purificar los virus a partir de la muestra de tejido y básicamente constan de tres etapas: 1) liberación de los virus de los tejidos, 2) concentración de las partículas virales y 3) extracción del ácido nucleico (ARN) (Le Guyader *et al.*, 2000).

Debido a la falta de información en esta región del país sobre la presencia de norovirus y rotavirus en organismos marinos, se realizó una investigación en ostras para conocer su papel en la transmisión de estos virus como vehículo de enfermedades infecciosas en humanos. Para ello se investigó por RT-PCR la presencia de norovirus y rotavirus en tejido digestivo de la ostra *Pinctada imbricata* (Röding 1798) provenientes de establecimientos de ventas de productos marinos de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela y se comparó la efectividad de diferentes métodos para el procesamiento de las muestras y la extracción de los ácidos nucleicos de los virus estudiados.

Materiales y métodos

Obtención de muestras

Las ostras (*Pinctada imbricata*) se obtuvieron en los puestos de consumo ubicados en la avenida Perimetral de Cumaná, Venezuela, donde fueron desbulladas y servidas por los mismos expendedores. Las muestras fueron trasladadas en envases de vidrio estériles bajo refrigeración, en cava, al laboratorio, donde se procedió a obtener por disección los estómagos y divertículos digestivos. Cada 2 g de estos tejidos representó una muestra, utilizando para este estudio un total de 120 muestras, de las cuales se utilizaron 60 en cada uno de los métodos de procesamiento empleados. Todas las muestras se mantuvieron a -70 °C hasta el momento de la detección del ARN viral.

Detección de ARN de rotavirus y norovirus

Para el análisis de las muestras de ostras se utilizaron dos métodos de procesamiento y dos de extracción del ácido nucleico, seguidos de la amplificación por RT-PCR y visualización con electroforesis en geles de agarosa.



Procesamiento de muestras para ambos virus

Método A

Cada muestra se colocó en el envase de un homogeneizador manual tipo Dunce (Potter Elvehjem Dunce, Sigma, EUA) que contenía 10 mL de buffer fosfato salino (PBS; pH 7,4) y se homogeneizó a la máxima velocidad (2.400 min⁻¹) en un equipo IKA, modelo RW 20 DZM.n, EUA. El tejido se colocó en tubos de centrifuga de 50 mL y luego se agregaron 6 mL de una solución de cloroformo-butanol (1:1, vol/vol) y 175 µL de Cat-Floc T (Sigma). Se agitó por inversión durante 5 minutos y se dejó reposar por 15 minutos a temperatura ambiente. Se centrifugó a 13.500 x g (centrifuga refrigerada IEC, modelo B-22M, EUA) durante 15 minutos a 4 °C, para luego recuperar la fase acuosa y agregarle 6,5 mL de una solución de polietilenglicol PEG 6000 (24%) con cloruro de sodio (1,2 mol L⁻¹). Seguidamente se agitó por 1 hora a 4 °C y se centrifugó durante 20 minutos a 11.000 x g a 4 °C. Se descartó el sobrenadante y se resuspendió el precipitado en 3 mL de agua destilada (Atmar *et al.*, 1995).

Método P

Cada muestra se homogeneizó en 10 mL de buffer glicina estéril 0,25 mol L⁻¹, pH 10, en un homogeneizador manual. La mezcla resultante se colocó en frascos de vidrio estériles y se agitó con magneto durante 10 minutos. Las mismas se transfirieron a tubos de centrifuga de 50 mL y se centrifugaron a 2.500 x g por 5 minutos. Se recuperó el sobrenadante y se ajustó a pH 7,4 (Pina *et al.*, 1998).

Extracción de ácidos nucleicos (ARN)

Método A

Se tomaron 1,5 mL de la muestra procesada y se añadió proteinasa K (50 µg mL⁻¹, Sigma) en buffer PK, dejándola actuar durante 30 minutos a 56 °C. Los ácidos nucleicos fueron extraídos con una solución de fenol-aguacloroformo (68:18:14) y luego precipitados con etanol 100% frío y acetato de sodio (3 mol L⁻¹, pH 5,2). Se dejó por 12 horas a -40 °C y una vez finalizado este proceso se centrifugó durante 30 minutos a 15.000 x g a 4 °C. El precipitado obtenido se resuspendió en agua a 56 °C y se agregó bromuro de cetil trimetil amonio (CTAB, por sus siglas en inglés) (Sigma) y cloruro de sodio (NaCl) a concentraciones finales de 1,4% y 0,11 mol L⁻¹, respectivamente. Esta mezcla se incubó a temperatura ambiente por 15 minutos y luego se centrifugó a 15.000 x g durante 30 minutos a 25 °C. El nuevo precipitado se resuspendió en NaCl (1 mol L⁻¹) y fue sometido a una última precipitación, para lo cual se le agregó etanol 100% frío y acetato de sodio (3 mol L⁻¹, pH 5,2). Se dejó reposar durante 12 horas a -40 °C y se centrifugó a 14.000 x g durante 30 minutos a 4 °C. El precipitado fue lavado con etanol 70% frío y se recuperó por centrifugación. Se dejó secar durante 15 minutos con los tubos abiertos y se resuspendió en 50 µL de agua libre de nucleasas (Atmar *et al.*, 1995).



Método B

Se prepararon tubos de reacción colocando 900 μL de buffer L6 (tiocianato de guanidina, Tris-HCl, EDTA y Tritón x-100) y 50 μL de sílica estéril, a los que se agregaron 50 μL de la muestra, se agitaron vigorosamente por 5 segundos y se dejaron por 10 minutos a temperatura ambiente. Se agitaron de nuevo y se centrifugaron por 15 segundos a 13.500 x g. Luego se realizaron 5 lavados: dos veces con buffer L2 (tiocianato de guanidina y Tris HCl), dos con etanol al 70% frío y una vez con acetona 100% fría. Luego se descartó la solución de lavado y los tubos abiertos se dejaron secar a 56 °C en un baño de agua circulante (SWB 5050 Shaking Water Bath, Labnet, National Company, EUA) por 10 minutos. Se agregaron 40 μL de agua libre de nucleasas para resuspender el precipitado, los tubos cerrados se agitaron y se incubaron a 56 °C en un baño de agua. Se centrifugaron a 13.500 x g durante 2 minutos a 4 °C y se conservó el sobrenadante (Boom *et al.*, 1990).

RT-PCR: Para la amplificación de los ácidos nucleicos extraídos se utilizaron varios pares de oligonucleótidos (Jiang *et al.*, 1999; Atmar *et al.*, 1995; Abbaszadegan *et al.*, 1999; Vinjé y Koopmans, 1996; Green *et al.*, 1995) dependiendo del virus a identificar, los cuales reconocen y amplifican diferentes regiones del genoma de cada uno de ellos (Tabla 1). Debido a que se utilizaron varios métodos de procesamiento y de extracción, se prepararon dos lotes de 15 mezclas de 20 μL que contenían 5 μL de cada muestra (4 muestras/mezclas) con el fin de reducir el número de reacciones de RT-PCR. Se utilizó el kit SuperScript™ One Step RT-PCR with Platinum *Taq* (Invitrogen, EUA), para preparar tubos de reacción con 25 μL del buffer 2X Reaction Mix, 2 μL (0,2 $\mu\text{mol L}^{-1}$) de los oligonucleótidos sentido y antisentido, 1 μL de la RT/Platinum® *Taq* mix, 15 μL de agua libre de nucleasas y 5 μL de la muestra de ARN. La reacción de RT-PCR se llevó a cabo en un termociclador GeneAMP® PCR System 9.700 (Applied Biosystems, EUA) siguiendo el programa establecido para cada virus, que consta de tres etapas: 1) retrotranscripción (RT) a 48 °C durante 45 minutos (rotavirus) o 1 hora (norovirus) y 94 °C por 2 minutos para inactivación enzimática 2) amplificación (PCR) la cual se llevó a cabo realizando 35 ciclos a 94 °C por 30 segundos, 42 °C (norovirus) o 55 °C (rotavirus) por 30 segundos y 72 °C por 1 minuto; 3) extensión final a 72 °C durante 10 minutos (Atmar *et al.*, 1995).

El control positivo para norovirus se preparó amplificando mediante RT-PCR la región que codifica la polimerasa de calicivirus de una muestra aislada en cerdos en el Laboratorio de Biología de Virus del Centro de Microbiología y Biología Celular del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), utilizando los cebadores JV12 y NV35 (Vinjé y Koopmans, 1996; Atmar *et al.*, 1993). Luego, este amplificado fue clonado en el plásmido pCR®2.1-TOPO® y expandido en células de *E. coli* transformadas utilizando el sistema TOPO TA cloning® kit (Invitrogen; Carlsbad, CA, EUA). Dicho control recibió el mismo tratamiento que las muestras. Como control negativo se utilizaron células de *E. coli* no transformadas.



Tabla 1.- Oligonucleótidos utilizados para la detección de norovirus y rotavirus humanos en muestras de ostras mediante RT-PCR.

| Oligonucleótido Ref. | Secuencia (5'-3') | Localización | Amplicón obtenido (pb) | Virus |
|----------------------|------------------------|--------------|------------------------|--|
| JV12 ^a | ATACCACTATGATGCAGATTA | 4552-4572 | | Vinjé y |
| JV13 ^b | TCATCATCACCATAGAAAGAG | 4858-4878 | 326 | NV Koopmans, 1996 |
| NVp36 ^a | ATAAAAGTTGGCATGAACA | 4487-4505 | | |
| NVp35 ^b | CTTGTTGGTTTGAGGCCATAT | 4936-4956 | 470 | NV Atmar <i>et al.</i> , 1995 |
| GLPSG1 ^a | GAIGICTICCATCWGGITT | 4715- 4737 | | |
| GLPSG2 ^a | GARGICTICCTCKGGIGTI | 4715- 4737 | 154 | NV (GI) NV (GII) Green <i>et al.</i> , 1995 |
| YGDD1 ^b | ACIATYTCRTCATCICCRTA | 4869- 4847 | | NV (GI y GII) |
| p289 ^b | TGACAATGTAATCATCACCATA | 4865-4886 | | |
| p290 ^a | GATTACTCCAAGTGGACTCCAC | 4568-4590 | 319 (NV) 300 (RV) | NV y RV Jiang <i>et al.</i> , 1999 |
| CON1 ^a | TTGCCACCAATTCAGAAT | 666-685 | | Vinjé y |
| CON2 ^b | ATTTCGGACCATTATAA | 862-881 | 211 | RV Koopmans, 1996 |

^a sentido, ^b antisentido, NV: norovirus, GI: genogrupo I, GII: genogrupo II, RV: rotavirus.

Electroforesis en gel de agarosa: Los productos amplificados para rotavirus y norovirus fueron analizados a través de electroforesis en gel de agarosa al 2% teñido con bromuro de etidio (500 µg mL⁻¹). El marcador de peso molecular utilizado fue 100 pb (Promega, EUA). La corrida electroforética se realizó a 85 V por 45 minutos. Finalmente, los geles se colocaron en una cámara de luz ultravioleta (Gel DocTM XR System, BioRad, EUA) para observar y fotografiar los amplicones, y luego fueron analizados para determinar el peso molar de cada uno por comparación con el control positivo y el marcador.



Resultados y discusión

Norovirus se detectó en 13 de las 15 mezclas de muestras analizadas por RT-PCR con la combinación de los métodos de procesamiento A (Atmar *et al.*, 1995) y de extracción B (Boom *et al.*, 1990), utilizando los oligonucleótidos JV12 y JV13 (Figura 1), lo cual sugiere que esta combinación de métodos pudo haber permitido una mejor liberación, concentración y extracción del ARN de los virus presentes en las muestras de ostras (Tabla 2).

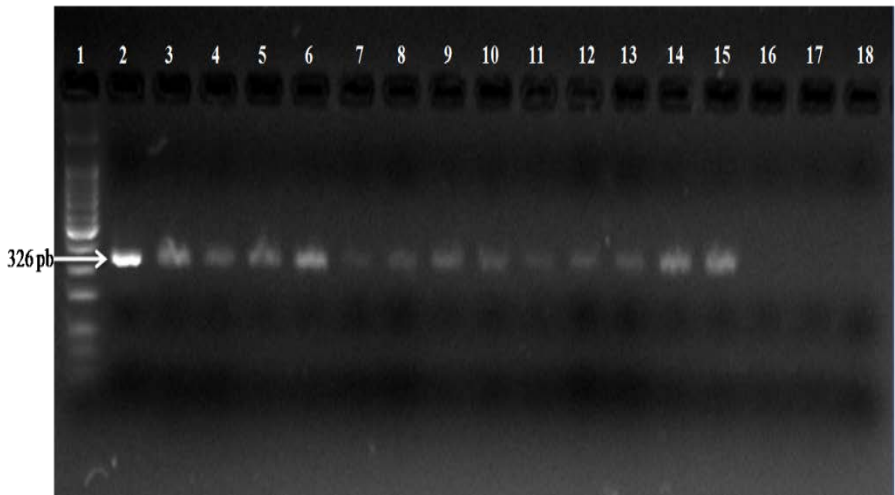


Figura 1. Productos de la RT-PCR para norovirus extraídos con el método de procesamiento de Atmar *et al.* (1995) y extracción de Boom *et al.* (1990), utilizando los oligonucleótidos JV12 y JV13. Carril 1, marcador de peso molecular; 3 al 17, pools de muestras; 2 y 18, control positivo y negativo, respectivamente.

Tabla 2. Detección de norovirus en muestras de ostras mediante la aplicación de la RT-PCR, utilizando diferentes oligonucleótidos y distintos métodos de procesamiento y extracción.

| Procesamiento | Extracción | JV12- JV13 | NVp35- NVp36 | p289- p290 | GLPS- YGDD1 |
|---------------|------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|
| A | A | - | - | - | - |
| | B | + | - | - | - |
| P | A | - | - | - | - |
| | B | - | - | - | - |

A: Atmar *et al.* (1995). P: Pina *et al.* (1998). B: Boom *et al.* (1990).



El método de procesamiento A tiene como característica principal la utilización de reactivos como el Cat-Floc y PEG 6000: el primero se utiliza para facilitar la eliminación de los restos de tejidos de la ostra mediante su aglutinación, mientras que el segundo es usado para precipitar proteínas, entre las cuales están presentes las partículas virales. Con el método de procesamiento P (Pina *et al.*, 1998), no se obtuvieron resultados positivos, posiblemente debido a que muchas partículas virales quedaron todavía adheridas al tejido, reduciendo así la concentración necesaria de éstas para la posterior extracción de su ácido nucleico.

En cuanto a los métodos de extracción de ácidos nucleicos, el método B (Boom *et al.*, 1990) se basó en las propiedades de lisis e inactivación de nucleasas que tiene el agente tiocianato de guanidina, junto a las propiedades de unión al ácido nucleico que tienen las partículas de sílica en presencia de dicho agente. Por otra parte, el método de extracción A (Atmar *et al.*, 1995) estuvo basado en la digestión de las proteínas con proteinasa K y SDS, la extracción del ácido nucleico con fenolcloroformo, eliminación de posibles inhibidores con CTAB y precipitación con posterior purificación del ácido nucleico con etanol. Los resultados obtenidos en esta investigación permiten presumir que, el método B de extracción de ácidos nucleicos fue más eficaz por consumir poco tiempo de trabajo, mientras que el método A, al constar de más etapas, es un proceso más largo y laborioso, lo que podría favorecer la degradación o contaminación del ácido nucleico.

Los oligonucleótidos utilizados en este estudio, que resultaron más eficientes para la detección de norovirus en muestras de ostras, fueron JV12-JV13 en combinación con los métodos de procesamiento A y el de extracción B. Cabe destacar, que en esta investigación se utilizaron otros pares de oligonucleótidos para la detección de norovirus, diseñados para amplificar secuencias de la región más conservada del genoma: la ARN polimerasa viral (Buesa, *et al.*, 2011); sin embargo, la selección de un solo par de oligonucleótidos capaz de detectar todas las cepas se ha hecho muy difícil, debido probablemente a la diversidad genética de estos virus.

No se detectaron rotavirus con ninguna de las combinaciones de métodos, ni con ninguno de los pares de oligonucleótidos usados. Se conoce que el par CON1-CON2 fue diseñado para la detección específica del gen 4 de rotavirus, que amplifica una región del genoma de apenas 211 pb, mientras el par de oligonucleótidos p289-p290, que fue originalmente diseñado para detectar norovirus y sapovirus, también detecta rotavirus por reacción cruzada, al amplificar la región correspondiente al gen 1 con un tamaño aproximado de 300 pb (Abbaszadegan *et al.*, 1999; Jiang *et al.*, 1999; Ludert *et al.*, 2004). Con base en estas informaciones es importante destacar que, para trabajos posteriores, deben utilizarse otros juegos de oligonucleótidos que amplifiquen regiones con mayor número de pares de bases que los utilizados en este estudio, ya que podrían aportar resultados más favorables (Gentsch, *et al.*, 1992; Wu *et al.*, 1994).



No existen muchos reportes sobre detección de este agente viral en moluscos bivalvos, por lo que algunos estudios se han basado en la detección de rotavirus en muestras de moluscos contaminadas artificialmente (Speirs *et al.*, 1987; Lewis y Metcalf, 1988; Zhou *et al.*, 1991). También se ha reportado que, para la detección por RT-PCR del ARN de doble cadena de rotavirus en moluscos, es necesario un paso posterior de purificación del ácido nucleico en celulosa granular CC41 después de la extracción con la proteinasa K y SDS (Le Guyader *et al.*, 1994), que no se realizó en este estudio. Es importante que en estudios posteriores se incluyan otros moluscos y se determine la calidad sanitaria de las aguas de captura y de los sitios de venta a orillas del Golfo de Cariaco en la avenida Perimetral de Cumaná. En estos sitios las ostras traídas en sacos desde las zonas de captura se venden crudas, desbulladas por los mismos expendedores, quienes las mantienen vivas remojándolas frecuentemente en la costa. Esta es un área marina costera, urbana, que recibe descargas de aguas de lluvia y servidas no tratadas por canales que atraviesan diversos sectores de la ciudad de Cumaná, lo que la convierte en una fuente potencial de contaminación para estos moluscos.

Conclusiones

El consumo de las ostras crudas comercializadas en la avenida Perimetral de Cumaná involucra una potencial exposición a los norovirus, que son agentes etiológicos importantes de gastroenteritis en humanos de todas las edades.

Este es el primer reporte en Venezuela de norovirus en la ostra perla *Pinctada imbricata* utilizando técnicas de biología molecular.

La no detección de rotavirus pudo deberse a que no estuvieron presentes en las muestras, a que no se utilizaron los pares de oligonucleótidos que amplificaran una región mayor del genoma, o a que las técnicas usadas para el procesamiento y extracción de ácidos nucleicos no fueron efectivas para la liberación, concentración y extracción del ARN bicatenario.

La presencia de norovirus en las muestras de ostras indica que existe contaminación fecal en los productos a disposición del consumidor, estos virus contaminantes podrían provenir de las aguas de los bancos naturales, o de donde son acopiadas para luego venderlas.

Los resultados plantean la necesidad de realizar una investigación más amplia, para dar respuesta a las múltiples interrogantes de interés epidemiológico y sanitario que surgieron con este primer estudio.

Referencias

Abbaszadegan, M.; Stewart, P. y Lechevallier, M. 1999. A Strategy for Detection of Viruses in Groundwater by PCR. *Appl. Environ. Microbiol.*, 65: 444-449.



- Atmar, R.; Frederick, N.; Romalde, J.; Le Guyader, F.; Woodley, C.; Metcalf, T. y Estes, M. 1995. Detection of norwalk virus and hepatitis A virus in shellfish tissues with the PCR. *Appl. Environ. Microbiol.*, 61: 3014-3018.
- Atmar, R.; Metcalf, T.; Neill, F. y Estes, M. 1993. Detection of enteric viruses in oysters by using the polymerase chain reaction. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59: 631-635.
- Boom, R.; Sol, C.; Salimans, M.; Jansen, C.; Ertheim Van Dillen, P. y Van Der Noordaa, J. 1990. Rapid and simple method for purification of nucleic acids. *J. Clin. Microbiol.*, 28: 495-503.
- Buesa Gómez J, López-Andújar P, Rodríguez-Díaz J. Diagnóstico de las infecciones víricas gastrointestinales. Control de calidad SEIMC. Disponible en: <http://www.seimc.org/control/revisiones/viromicromol/rotavir.pdf>. Acceso: 20 de marzo de 2011
- Chung, H.; Jaykus, L. y Sobsey, M. 1996. Detection of human enteric virus in oysters by in vivo and in vitro amplification of nucleic acids. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62: 3772-3778.
- Di Girolamo, R.; Liston, J. y Matches, J. 1977. Ion bonding, the mechanism of viral uptake by shellfish mucus. *Appl. Environ. Microbiol.*, 33: 19-25.
- Gentsch J, Glass R, Woods P, Gouvea V, Gorziglia M, Flores J, Das B, Bhan M. (1992) Identification of group A rotavirus gene 4 types by polymerase chain reaction. *J Clin Microbiol.*; 30:1365-73.
- Green, S.; Lambden, P.; Deng, Y.; Lowes, J.; Lineham, S.; Bushell, J.; Rogers, J.; Caul, E.; Asheley, C. y Clarke, I. 1995. Polymerase chain reaction detection of small round-structured viruses from two related hospital outbreaks of gastroenteritis using inosine-containing primers. *J. Med. Virol.*, 45:197-202.
- Griffin D.; Donaldson, K.; Paul, J. y Rose, J. 2003. Pathogenic human viruses in coastal waters. *Clin. Microbiol. Rev.*, 16: 129-143.
- Herrero, L.; Palacios, A.; Laya, H. y Vega, F. 1999. Ausencia de detección de enterovirus en bivalvos *Anadara tuberculosa* (Bivalvia: Arcidae) por contaminación química en el Pacífico de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 47: 419-427.
- Jiang, X.; Huang, P.; Zhong, W.; Farkas, T.; Cubitt, D. y Matson, D. 1999. Design and evaluation of a primer pair that detects both Norwalk-and Sapporo-like caliciviruses by RT-PCR. *J. Virol. Methods*, 83: 145-154.
- Lees, D.; Henshilwood, K. y Doré, W. 1994. Development of a method for detection of enteric viruses in shellfish by PCR with poliovirus as a model. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60: 2999-3005.
- Le Guyader, F.; Afaire, V.; Brillet, J. y Billaudel, S. 1993. Use of genomic probes to detect hepatitis A virus and enterovirus RNAs in wild shellfish and relationship of viral contamination to bacterial contamination. *Appl. Environ. Microbiol.*, 59: 3963-3968.
- Le Guyader, F.; Dubois, E.; Menard, D. y Pommepuy, M. 1994. Detection of hepatitis A virus, rotavirus, and enterovirus in naturally contaminated shellfish and sediment by Reverse Transcription-Seminested PCR. *Appl. Environ. Microbiol.*, 60: 3665-3671.
- Le Guyader, F.; Haugarreau, L.; Miossec, L.; Dubois, E. y Pommepuy, M. 2000. Three-year study to assess human enteric viruses in shellfish. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66: 3241-3248.
- Ludert, J.; Alcalá, A. y Liprandi, F. 2004. Primer pair p289-p290, designed to detect both noroviruses and sapoviruses by Reverse Transcription-PCR, also detects rotaviruses by cross-reactivity. *J. Clin. Microbiol.*, 42: 835-836.



- Myrmel, M.; Berg, E.; Rimstad, E. y Grinde, B. 2004. Detection of enteric viruses in shellfish from the Norwegian coast. *Appl. Environ. Microbiol.*, 70: 2678-2684.
- Nishida, T.; Kimura, H.; Saitoh, M.; Shinohara, M.; Kato, M.; Fukuda, S.; Munemura, T.; Mikami, T.; Kawamoto, A.; Akiyama, M.; Kato, Y.; Nishi, K.; Kozawa, K. y Nishio, O. 2003. Detection, quantitation, and phylogenetic analysis of noroviruses in Japanese oysters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 69: 5782-5786.
- Pina, S. 2001. Detección y caracterización de virus patógenos en muestras ambientales y moluscos bivalvos. Tesis doctoral. Departamento de Microbiología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona, España.
- Pina, S.; Puig, M.; Lucena, F.; Jofre, J. y Girones, R. 1998. Viral pollution in the environment and in shellfish: human adenovirus detection by PCR as an index of human viruses. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64: 3376-3382.
- Provost, K.; Dancho, B.; Ozbay, G.; Anderson, R.; Richards, G. y Kingsley, D. 2011. Hemocytes are sites of enteric virus persistence within oysters. *Appl. Environ. Microbiol.* 77(23):8360-8369.
- Speirs, J.; Pontefract, R. y Harwig, J. 1987. Methods for recovering poliovirus and rotavirus from oysters. *Appl. Environ. Microbiol.*, 53: 2666-2670.
- Tierney, J.; Sullivan, R.; Peeler, J. y Larkin, E. 1982. Persistence of poliovirus in shellstock and shucked oysters stored at refrigeration temperature. *J. Food Prot.*, 45: 1135-1137.
- Vinjé, J. y Koopmans, M. 1996. Molecular detection and epidemiology of small round-structured viruses in outbreaks of gastroenteritis in the Netherlands. *J. Infect. Dis.* 174:610-615.
- Wu H, Taniguchi K, Wakasugi F, Ukae S, Chiba S, Ohseto M, Hasegawa A, Urasawa T, Urasawa S. (1994) Survey on the distribution of the gene 4 alleles of human rotaviruses by polymerase chain reaction. *Epidemiol Infect.* 112:615-22.
- Zhou, Y.; Estes, M.; Jiang, V. y Metcalf, T. 1991. Concentration and detection of hepatitis A virus and rotavirus from shellfish by hybridization tests. *Appl. Environ. Microbiol.*, 57: 2963-2968.







Proyectos

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



Bancomac y Bangemac: bancos de la biodiversidad marina centro-atlántica

Nieves González-Henríquez¹, Javier Quinteiro², Manuel Rey-Méndez², Pablo Manent¹, Carolina Medina¹, Ruth Sarmiento¹, José A. González¹, Jorge Rodríguez-Castro², Lois Pérez-Dieguez², Ricardo Araújo³, Adriana Alves⁴, Ana R. Góis⁴, João Gonçalves⁵, Gilberto Carreira⁶, Albertino Martin⁸, Isilda Fortes⁷, Rui Freitas⁷, Evandro Lopes⁷, Corrine Almeida⁷

¹Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

²Universidade de Santiago de Compostela.

³Museo Historia Natural de Funchal-Madeira.

⁴DSIP-SRA Madeira.

⁵Universidade dos Açores.

⁶Secretaria Regional do Mar, Ciência e Tecnologia dos Açores.

⁷Universidade de Cabo Verde.

⁸Instituto Nacional Desenvolvimento das Pescas de Cabo Verde.

E-mail: nieves.gonzalez@ulpgc.es

Resumen

La Red BANGEMAC constituida por las entidades y organismos públicos de los proyectos BANCOMAC, BANGEN y BIOTECMAR, han iniciado un banco de organismos, tejidos, ADN y el BARCODING BANGEMAC de secuencias del gen COx1 del ADN mitocondrial de los recursos marinos de los archipiélagos macaronésicos (Açores, Madeira, Canarias y Cabo Verde).

El BARCODING – ADN o código de barras de la vida, es una metodología en la que un pequeño fragmento de la molécula de ADN se utiliza como un patrón único para identificación de las especies. El fragmento utilizado es el citocromo c oxidasa subunidad I (COx1), un gen conservado de la molécula de ADN con 648 pb. Este gen constituye el marcador estándar para las iniciativas FISH-BOL, MARINE-BOL, con el objetivo de proporcionar un identificador molecular para un gran número de especies y en un amplio rango taxonómico. Por otra parte, esta herramienta es muy útil para la detección rápida y fiable en cualquiera de sus estadios del ciclo vital de las intromisiones o invasiones, de las especies exóticas y el primer paso para su control.

Para la puesta en marcha de este Banco de Biodiversidad:

- Se han elaborado Guías de procedimientos y protocolos: de recolección de organismos y de muestras y metodologías de Biología Molecular.



- Se ha diseñado una base de datos para el control de la información obtenida.
- Se ha diseñado un programa informático que permitirá tener toda la información integrada de las especies marinas.

La información obtenida permitirá la creación de elementos de referencia para la gestión de la biodiversidad marina fomentando el acceso a la información y el conocimiento de las especies.

Las principales aplicaciones de estos resultados serán:

- a) Catalogación de la biodiversidad. Caracterización de especies y poblaciones. Detección e identificación de especies invasoras.
- b) Estudio de relaciones filogenéticas entre especies y análisis de la estructura poblacional. Evaluación de las relaciones faunísticas inter-poblacionales. Estudio de la especiación en el medio marino, niveles de endemismo y niveles de flujo génico.
- c) Aplicaciones relacionadas con objetivos ecológicos. Diversidad genética y detección de poblaciones. Diseño y monitorización de Reservas Marinas. Diseño de políticas conservacionistas.
- d) Aplicaciones para la gestión de los recursos marinos y la trazabilidad de productos pesqueros y acuícolas.
- e) Creación de empresas de base tecnológica relacionadas con la tecnología del ADN y sus aplicaciones.

Palabras clave

Banco genético, Biodiversidad marina, secuencias Cox1, macaronesia.

Antecedentes

La Red BANGEMAC constituida por las entidades y organismos públicos de los proyectos BANCOMAC, BANGEN y BIOTECMAR, han iniciado un banco de organismos, tejidos, ADN y el BARCODING BANGEMAC de secuencias del gen COx1 del ADN mitocondrial de los recursos marinos de los archipiélagos macaronésicos (Açores, Madeira, Canarias y Cabo Verde).

El BARCODING – ADN o código de barras de la vida, es una metodología en la que un pequeño fragmento de la molécula de ADN se utiliza como un patrón único para identificación de las especies.

El fragmento utilizado es el citocromo c oxidasa subunidad 1 (COx1), un gen conservado de la molécula de ADN con 648 pb. Este gen constituye el marcador estándar para las iniciativas FISH-BOL, MARINE-BOL, con el objetivo de proporcionar un identificador molecular para un gran número de especies y en un amplio rango taxonómico.

Se han realizado 4 proyectos en el área macaronésica y Cabo Verde para la formación del Banco de Organismos Marinos y el Banco de ADN de la



Biodiversidad Marina de los archipiélagos macaronésicos. En este sentido, el proyecto BIOTECMAR ha iniciado un banco de tejidos, ADN y el BARCODING BANGEMAC de secuencias del gen COx1 del ADN mitocondrial de los recursos marinos marinos de los archipiélagos macaronésicos (Açores, Madeira, Canarias y Cabo Verde).

Material y métodos

Se han utilizado los materiales de los proyectos europeos del Programa PCT-MAC BANGEN, BIOTECMAR y BIOVAL que constituyen la base de los bancos de organismos marinos y genético de la macaronesia.

Por otra parte, se han realizado los procedimientos y protocolos establecidos en los citados proyectos para los análisis de las muestras y la implementación de los resultados en los sistemas de información y base de datos creados para la difusión de los proyectos:

Protocolos de trabajo (<http://bangen-pct.org/prensa/>,
Herramientas on line Kypros (<http://odyssey.com.uy/kypros>),
Base de datos BANGEMAC

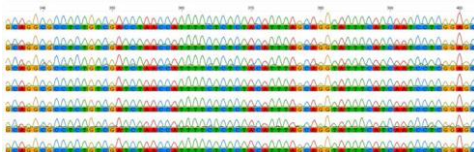
Resultados

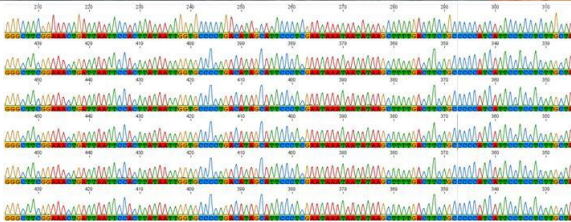
Secuenciación: Se tienen actualmente en el banco BANGEMAC: 4.000 Muestras de tejidos, Muestras de ADN 1500, y Secuencias Cox1.

Se expone a continuación ejemplos de las secuencias de varios organismos marinos.

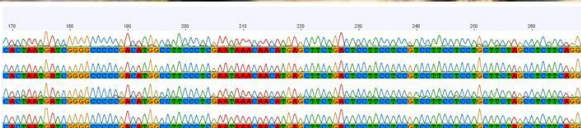


Figuras 1-2.
Garoupa
Reino - Animalia
Filo - Chordata
Clase - Actinopterygii
Orden - Perciformes
Familia - Serranidae
Género - *Cephalopholis*
Especie - *Cephalopholis taeniops* (Valenciennes, 1828)



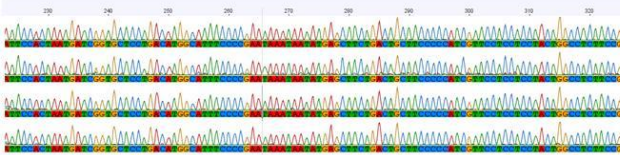


Figuras 3-4.
Sargo preto
Reino - Animalia
Filo - Chordata
Clase -
Actinopterygii
Orden - Perciformes
Familia - Sparidae
Género - Diplodus
Especie – *Diplodus fasciatus*
(Valenciennes, 1830)



Figuras 5-6.
Caballa
Reino - Animalia
Filo - Chordata
Clase -
Actinopterygii
Orden - Perciformes
Familia - Carangidae
Género - Decapterus
Especie – *Decapterus macarellus* (Cuvier, 1833)



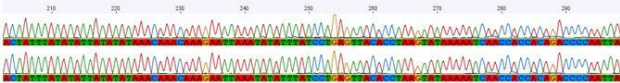


Figuras 7-8.
Sargo de arena
Reino - Animalia
Filo - Chordata
Clase - Actinopterygii
Orden - Perciformes
Familia - Sparidae
Género - *Lithognathus*
Especie - *Lithognathus mormyrus* (Linnaeus, 1758)



Figuras 9-10.
Vieja
Reino - Animalia
Filo - Chordata
Clase - Actinopterygii
Orden - Perciformes
Familia - Scaridae
Género - *Sparisoma*
Especie - *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758)





Figuras 11-12.

Pulpo

Reino - Animalia

Filo - Mollusca

Clase - Cephalopoda

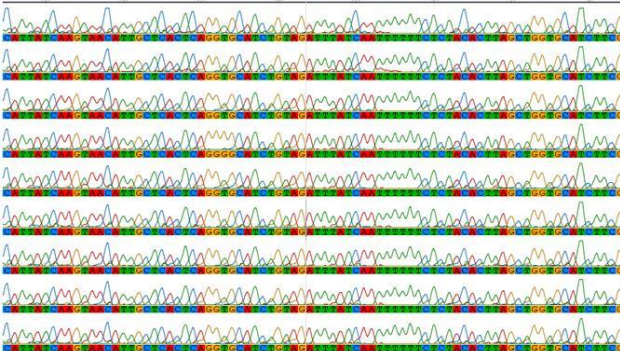
Orden - Octopoda

Familia - Octopodidae

Género - Octopus

Especie – Octopus vulgaris

Cuvier, 1797



Figuras 13-14.

Claca

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Cirripedia

Orden: Balanomorpha

Familia: Balanidae

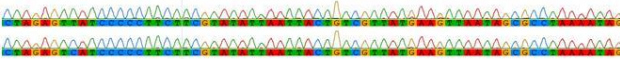
Género: Megabalanus

Especie: Megabalanus azoricus (Pilsbry, 1916)





Figuras 15-16.
Camarón soldado
Filó - Arthropoda
Clase - Crustacea
Subclase - Malacostraca
Serie - Eumalacostraca
Superorden - Eucarida
Orden - Decapoda
Supersección - Natantia
Sección - Caridea
Familia - Pandalidae
Haworth, 1825
Género - Plesionika Bate,
1888
Especie: Plesionika
edwardsii (Brandt, 1851)



Figuras 17-18.
Cangrejo moro
Reino - Animalia
Filó - Arthropoda
Clase - Malacostraca
Orden - Decapoda
Familia - Grapsidae
Género - Grapsus
Especie - Grapsus
adsensionis Osbeck, 1765

El sistema de información y la base de datos creados para la difusión y mantenimiento del banco genético de organismos marinos de macaronesia, proporcionan la información actualizada del estado de las colecciones de ADN y de la información obtenida de ella así como la información al público de los resultados de los proyectos. El sistema Kypros es una ventana de la información pública de resultados de los proyectos que se desarrollan sobre la Biodiversidad marina de la macaronesia. Figuras 19-20).



Avances del programa estratégico de tecnología asociada a la acuicultura del estado Sucre (PTAES), Venezuela

Bolívar R.¹, Graziani C.^{1,2}, Ortiz E.¹, Lodeiros C.^{1,2}, Freitas L.², Acosta V.², Villarroel E.³, Carpio M.³, Mago M.³, Rojas N.⁴, Montes A.⁴, Figueroa D.⁵, Centeno A.⁵, Gil H.⁵, Urbano, T.⁵; Salmassi S.⁶

¹Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología en el Estado Sucre (Fundacite-Sucre), Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela; adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología (MPPEUCT).

²Grupo de Investigaciones sobre Biología de Moluscos del Consejo de Investigaciones de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre (GIBM-UDO), Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.

³Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura en el Estado Sucre (FIDAES), Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.

⁴Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura, Dirección Regional Sucre (INSOPESCA), Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.

⁵Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Cumaná, Edo. Sucre, Venezuela.

⁶Escuela Bolivariana de Plan de la Mesa, Plan de la Mesa, municipio Sucre, Edo. Sucre, Venezuela.

E-mail: rosmabe@hotmail.com

Resumen

Por sus ventajosas condiciones geográficas y naturales, así como por su tradición académica, el estado Sucre ocupa una posición destacada en el acontecer acuícola y pesquero de la República Bolivariana de Venezuela y en la actualidad se encuentra a la vanguardia de la investigación en acuicultura marina; sin embargo, no se ha logrado alcanzar un desarrollo significativo, razón por la cual se formuló un Programa de Acuicultura para incrementar las fortalezas científicas y técnicas de la región, impulsar la producción de especies cultivables en las comunidades costeras mediante paquetes tecnológicos producidos desde una perspectiva de sustentabilidad socioeconómica y ambiental, además de promover la capacitación de los conocimientos técnicos correspondientes, así como la divulgación de sus bondades y la promoción de convenios vinculantes para la transferencia tecnológica. A tales fines, en el programa se emplean métodos de trabajo basados en la integración de competencias interinstitucionales amparados en los principios de corresponsabilidad y



democracia participativa y protagónica contenidos en la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Así, Fundacite-Sucre diseñó una estrategia que contempla la gestión de proyectos educativos, de investigación y producción concentrados en superar los factores que inhiben el desarrollo de las actividades acuícolas en el territorio bajo su jurisdicción. A la fecha se han propuesto diez de estos proyectos en cooperación con instituciones vinculadas a la disciplina (INSOPESCA, FIDAES, INIA y la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre), cuatro de los cuales han sido presentados ante el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Venezuela para su aprobación. Además de un componente de fortalecimiento de centros de investigación y la producción focalizada en alevines y semillas de moluscos bivalvos, tales iniciativas promueven nuevas tecnologías de cultivo como fuentes de ingreso económico. A la fecha, diez comunidades pesqueras y más de ochenta pescadores del edo. Sucre se han beneficiado de Cursos de Introducción a la Acuicultura, los cuales han estimulado la presentación de propuestas que integran la participación ciudadana en la toma de decisiones políticas que atañen al desarrollo de esta actividad socioproductiva.

Introducción

Actualmente, el agotamiento de los lechos marinos producido, entre otros factores, por la sobreexplotación de los recursos hidrobiológicos, la contaminación de las aguas y el cambio climático, ha traído como consecuencia la imperiosa necesidad de garantizar una fuente sustentable de alimentos de calidad y de fácil acceso para toda la población, sobre todo para la de más escasos recursos económicos (Tacon *et al.*, 2010). Lo cierto es que el futuro de la actividad económica diversificada en la República Bolivariana de Venezuela (RBV) dependerá en parte de “impulsar una acuicultura innovadora, sostenible, competitiva y basada en el conocimiento”. En este sentido, el director General de la FAO, José Graziano Da Silva en su informe del presente año 2014 sobre el "Estado de la Inseguridad Alimentaria en el Mundo" señala que uno de cada nueve habitantes del planeta no tienen suficiente alimento alertando a los gobiernos, instituciones, sociedades y empresas colaboren para su mejor distribución (FAO, FIDA y PMA, 2014). Efectivamente la desnutrición es el factor número uno en la lista de los 10 mayores riesgos a la salud del mundo, ocasionando más muertes que la sumatoria de otros factores como Guerras, SIDA y otras enfermedades mortales.

En la RBV el consumo de pescados y mariscos es muy bajo en comparación con otras fuentes de proteínas, por lo que es importante realizar las gestiones sociales y políticas necesarias para que aumente, ya que ellos proveen al organismo de un alto contenido proteico y minerales como el calcio, fósforo, magnesio, yodo y vitaminas A, B y D, además son, en su mayoría, una fuente de alimento baja en



grasas insaturadas, que son que aportan beneficios para el organismo (Díaz, 2006).

Ante estas demandas, hacia una seguridad alimentaria, el desarrollo de la acuicultura en la RBV es imperativo, y aprovechable en el sentido que el país posee condiciones climatológicas adecuadas con una amplia diversidad de recursos hidrobiológicos, extensas costas con zonas de altos niveles de productividad primaria, gran cantidad de embalses, pero sobre todo, lo más importante, cuenta con recurso humano especializado para el desarrollo de la acuicultura. Actualmente el desarrollo productivo de las especies de origen continental es mayor; por lo que aunque varias especies de peces de hábitos marinos han sido estudiadas, son pocas en las que se han desarrollado paquetes tecnológicos y protocolos de cultivo, de manera que es necesario la diversificación de especies con potencial para producción masiva, particularmente de los organismos marinos. Un ejemplo de ello es el paquete tecnológico realizado por la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura en el Estado Sucre (FIDAES) para el cultivo intensivo de la especie de pez marino “Paguara”, *Chaeodipterus faber* con la cual se han realizado ciclos completos de cultivo logrando introducir alevines en proyectos de engorde de peces marinos en comunidades ubicadas en los municipios Cruz Salmerón Acosta, Ribero, Sucre y Bolívar del estado Sucre.

Por otro lado, las iniciativas impulsadas por investigadores del área acuícola pertenecientes a la Universidad de Oriente (UDO) de los Núcleos de Sucre y de Nueva Esparta, además de instituciones gubernamentales relacionadas con el área acuícola, han logrado aumentar la producción de peces producto de la acuicultura semi-intensiva y del engorde de alevines salvajes así como del cultivo a pequeña escala de moluscos y otros invertebrados, así como de micro y macroalgas; sin embargo, no se han obtenido resultados significativos en cuanto a desarrollo acuícola se refiere.

En el entendido que actualmente en la RBV existe la necesidad de promover, afianzar y ejecutar propuestas viables de producción de alimentos, a través de la acción conjunta de las competencias necesarias para su concreción, y siendo el único objetivo que une las diferentes voluntades. La presente actividad de desarrollar todas las actividades relacionadas con la acuicultura en el estado Sucre, atendiendo el principio de corresponsabilidad previsto en el Artículo N° 4 de la Constitución de la RBV, así como el Artículo N° 110 donde se establece que la ciencia y la tecnología es un asunto de interés público, y siendo la acuicultura una tecnología imperante desarrollar, tal cual lo establece el objetivo nacional 1.5 de la ley del plan de la patria 2013-2019, en la cual se expresa que es necesario “desarrollar nuestras capacidades científico tecnológicas vinculadas a las necesidades del pueblo”, se creó el Programa Estratégico de Tecnología Asociada a la Acuicultura del estado Sucre (PTAES).



Desarrollo del programa y resultados

El 13 de junio de 2013 en acuerdo con las instituciones de investigación y promoción de la acuicultura del estado Sucre, se realizó el “I Foro para el Plan de Acuicultura del Estado Sucre” en las instalaciones de la Unidad Territorial del Ministerio del Poder Popular para La educación Universitaria, Ciencia y Tecnología del edo. Sucre (UT-MPPEUCT-Sucre) o también conocida como Fundacite-Sucre, con el fin de realizar un diagnóstico histórico previo de todos los programas, experiencias y proyectos que en materia de acuicultura se habían desarrollado en dicho Estado. Para ello, se contó con la presencia de investigadores especialistas de las áreas de cultivos de peces marinos, micro y macroalgas, camarones y moluscos bivalvos, además de representantes de instituciones como el INIA, INSOPESCA, PDVSA-Costa Afuera, y FUNDACITE-Sucre, así como las siguientes instituciones universitarias: Universidad de Oriente-Núcleo de Sucre (UDONS), Universidad Politécnica Territorial del Oeste del edo. Sucre Clodosbaldo Russian (UPTOS) y la Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Venezolana (UNEFA) y representantes del Poder Popular. Aunque con especial énfasis en la acuicultura marina, se logró recopilar a través de unas mesas de trabajo la información necesaria para complementar una propuesta que de manera conjunta expresará el método a seguir en virtud de socavar las principales limitaciones que impiden el desarrollo de la acuicultura en el estado Sucre. La propuesta de unificar esfuerzos institucionales, se logró plasmar en un el “Programa Estratégico” que está constituido por proyectos vinculados a la resolución de problemas en las diferentes áreas, priorizadas anteriormente con mecanismos gerenciales, de manera que, se lograron establecer inicialmente proyectos de investigación, de formación y de producción.

Inicialmente se establecieron mecanismos de participación colectiva, de tal forma de garantizar que los diferentes sectores que conforman la sociedad establecieran criterios puntuales, así como las propuestas necesarias para alcanzar los objetivos inherentes al desarrollo acuícola del estado Sucre. Es así como el 13 de junio de 2013 se realizó el “I Foro para el Programa de Acuicultura del Estado Sucre” con el objeto de realizar un diagnóstico situacional cual se encontraban las experiencias con data histórica enmarcadas en áreas de investigación, gestión y transferencia tecnológica en las comunidades relacionada con las técnicas acuícolas. Durante el cual se establecieron criterios de participación conformados por **mesas de trabajo**, dentro de las cuales los integrantes, especialistas en el área y autoridades regionales competentes, cumplían con el aspecto de interdisciplinariedad pero con amplio entendido de las singularidades que constituían cada tema a analizar, que en este caso correspondieron a los siguientes: Investigación, docencia y capacitación; permisología, producción y comercialización; infraestructura e insumos y por



último convenios estratégicos y financiamiento, siguiendo el siguiente esquema de desarrollo:

Investigación, docencia y capacitación

- Desarrollar programas formativos en el que se incluyan estudiantes de educación básica, pescadores y fomentar postgrados.
- Coadyuvar en la creación de líneas de investigación como: factibilidad de especies para el cultivo, producción de semillas, técnicas de cultivo, patologías asociadas a especies en cautiverio, rubros agrícolas con potencial para elaboración de alimentos de especies en cultivos acuícolas y evaluar el uso de los desechos acuícolas como implementos para la agricultura rural y periurbana.

Permisología, producción y comercialización

- Creación de oficina de ayuda y asesoría para el acuicultor, en la que confluyan criterios interinstitucionales de permisología y demás requerimientos.
- Incentivar la realización de ferias gastronómicas en las que se comercialicen productos provenientes de cultivos acuícolas.
- Capacitación en las áreas de tratamientos post-cosechas, Buenas Prácticas Agrícolas y de Manufactura a las comunidades pesqueras.

Infraestructura

- Construcción y adecuación de laboratorios especializados para la investigación y producción de semillas de especies con potencial para el cultivo.
- Promover la elaboración de proyectos integrales de acuicultura, en los que se incluyan variables sociales, ambientales y el mejoramiento del entorno de las comunidades de influenciará (servicios básicos, cadenas de frío, vialidad, escuelas, entre otros).
- Facilitar las políticas de importaciones de insumos de acuicultura.

Convenios estratégicos

- Aprovechar los convenios internacionales con las naciones con amplia experiencia en materia de acuicultura como: España, Irán, Brasil, China, Argentina...entre otros.
- Promover convenios interinstitucionales de ámbito regional o nacional.

Las representaciones que constituyen el programa, formalizaron sus propuestas en proyectos de diversas áreas. En la actualidad y para efectos de éste artículo se han realizado 4 que están esperando aprobación de financiamiento; sin embargo, existen 9 propuestas en total hasta la actualidad:

- Creación de un Centro Tecnológico para la Enseñanza de la Acuariofilia y la Producción de Especies Ornamentales. **En elaboración**
- Evaluación del Impacto Ambiental causado por la Rodophyta, *Kappaphycus alvarezii*, en las Costas de los Estados Sucre y Nueva Esparta. **En elaboración**



- Valoración Nutricional de las Algas Rodophyta, *Gracilariopsis tenuifrons*. **En elaboración**
- Evaluación de Zonas Potenciales para el Desarrollo de la Acuicultura Marina y Capacitación de las Comunidades Pesqueras de Cinco (5) municipios Costeros del Estado Sucre. **En elaboración**
- Extracción de Hipófisis de *Sardinella aurita* y su Evaluación como Agente Inductor en la Producción de Peces. **Aprobado**
- Creación e un Centro Tecnológico para Actividades Acuícolas en la comunidad de Laguna Grande del Obispo, municipio Cruz Salmerón Acosta, edo. Sucre. **En elaboración**
- Implementación del Cultivo del Mejillón verde *Perna viridis* en comunidades del Golfo de Cariaco y de la Península de Araya, Estado Sucre. **Aprobado**
- Ampliación de Infraestructura y Mejoras en los Sistemas de Cultivo de la Estación de Acuicultura Marina de la localidad de “Guacarapo”, municipio Ribero, edo. Sucre. **En elaboración**
- Fortalecimiento del Centro de Investigaciones en Biología y Acuicultura de Moluscos CIBAM-UDO. **En financiamiento**



Figura 1. Cosecha de Paguara *Chaetodipterus faber* con las comunidades promovida por Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del edo. Sucre (FIDAES).





Figura 2. Cultivo de la ostra perla *Pinctada imbricata*, paquete tecnológico producido por el Grupo de Investigación en Biología de Moluscos del Universidad de Oriente (GIBM-UDO), Proyecto UDO-FONACIT 2011000344

Se ha creado una comisión general integrada por representantes de cada institución pública e institución educativa relacionada con el programa, la cual funge de “Asamblea General” en la toma de decisiones inherentes al programa, gracias a la cual se iniciaron una serie de visitas diagnósticas a las comunidades costeras del estado Sucre en la búsqueda de la dignificación del pescador y acuicultor, y con la firme convicción de definir áreas con potencial de cultivos



acuáticos o bien con experiencias anteriores que pudiesen recuperarse. Para lo cual se utilizó el método etnográfico de investigación (González y Hernández, 2003).

Dichos diagnóstico dieron como resultado, potencialidades para el cultivos en comunidades en los municipio Cruz Salmerón Acosta, Mejía, Benítez y Sucre (Figura N° 1).

Finalmente se establecieron mecanismos pedagógicos de transmisión de información tecnificada a través de “Cursos de Introducción de la Acuicultura” en las comunidades seleccionadas, en las cuales se transfieren conocimientos generales de la acuicultura, con énfasis en los cultivos auxiliares, cultivo de peces, miticultura y cultivo de macroalgas (Tabla 1), así como la utilidad y la forma de hacerlos sustentables y rentables en el tiempo.

Tabla 1. Temas que conforman los Cursos de Introducción a la Acuicultura generados por el PTAES.

| | |
|-----|--|
| 1.- | Conceptos básicos de Acuicultura |
| 2.- | Tipos de acuicultura |
| 3.- | Cultivo de peces |
| 4.- | Cultivo de bivalvos |
| 5.- | Cultivo de algas |
| 6.- | Cultivos auxiliares (Fitoplancton y zooplancton) |
| 7.- | Cultivo intensivo de la “Paguara” (paquete tecnológico de FIDAES) |
| 8.- | Cultivos de especies acuáticas ornamentales. |
| 9.- | Experiencias de proyectos de acuicultura y formas de financiamiento. |

Alcances y conclusiones

Partiendo del principio de legalidad y el derecho, así como el deber a la participación ciudadana en todos los asuntos públicos establecidos estos en nuestra Carta Magna, fue necesario crear las condiciones que conlleven la articulación de esfuerzos en la concreción del Programa de Acuicultura promovido por los diversos sectores de la sociedad; por lo que se considera que la primera etapa del PTAES en cuanto a la presentación, aprobación y financiamiento de los proyectos es en definitiva un gran paso con el cual se estará desarrollando verdaderamente una actividad factible económicamente y sustentable en el tiempo.



La construcción definitiva de los laboratorios de producción de especies marinas para la acuicultura como es el caso del “Laboratorio de la Fragata” perteneciente a la Fundación para el Desarrollo de la Acuicultura en el Estado Sucre (FIDAES); así como la adecuación de los laboratorios de acuicultura ubicados en la “Estación Hidrobiológica de Turpialito”, de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre y la creación del Centro de Investigación en Biología y Acuicultura de Moluscos, así como otras iniciativas enmarcadas en promover la acuicultura en las comunidades pesqueras del Estado, tomando en cuenta las metodologías de alianza promoverá la participación protagónica y las políticas emancipadoras, las cuales se consideran las principales necesidades en lograr para cualquier iniciativa de desarrollar una actividad productiva que incida en el aparato productivo de la región.

La iniciativa de capacitación con los cursos de Introducción Básica a la Acuicultura en las comunidades pesqueras inicialmente priorizadas según los diagnósticos comunitarios, y cursos de especialización en el cultivo de organismos, como moluscos, ha generado una serie de propuestas de presentación de proyectos acuícolas de pequeña escala nacidas desde las bases de la sociedad, las que se consideran como semilla engendradora de empresas socialistas responsables que pueden proyectar la actividad acuícola en el edo. Sucre y en Venezuela.

En la actualidad el Programa sigue avanzando en la organización, promoción y gestión de proyectos relacionados con actividades acuícolas, todo ello con el fin de establecer bases sólidas en el desarrollo de la acuicultura.

Referencias

- Cerdá M. 2013. La I + D + i3 en Acuicultura . Revista AquaTIC, no 39, pp. 1-6.
- Díaz Z. 2006. *Ambiente y Desarrollo Sostenible en Venezuela*. Universidad Nacional Abierta. Caracas, Venezuela. Pág. 163.
- FAO, FIDA y PMA. 2014. El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo, 2014. Fortalecimiento de un entorno favorable para la seguridad alimentaria y la nutrición. Roma, FAO.
- González J. y Hernández Z. 2003. Paradigmas Emergentes y Métodos de Investigación en el Campo de la Orientación.
- Tacon A.G.J., Metian M., Turchini G.M. 2010. Responsible Aquaculture and Trophic Level Implications to Global Fish Supply. *Reviews in Fisheries Science*, 18(1):94–105.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, 1999. Caracas, República Bolivariana de Venezuela.
- “Ley del Plan de la Patria” 2013. Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social 2013-2019. Caracas, República Bolivariana de Venezuela.





Monitoreo ambiental y producción de semillas de moluscos bivalvos: avances del Proyecto FONACIT-UDO 201100344

Márquez A., Revilla J., Peñuela H., Malavé K., Venegas J., Pérez L., Bastardo L., Pinto R., Cortez R., Arieche D., Acosta V., Guevara M., Freites L., Lodeiros C.
Grupo de Investigación en Biología de Moluscos, Consejo de Investigación, Universidad de Oriente, Cumaná, edo. Sucre., Venezuela.
E-mail: cesarlodeirosseijo@yahoo.es

Introducción

Las futuras repercusiones del cambio climático en la pesca y la acuicultura todavía no se conocen bien, pero sin duda, la clave para reducir al mínimo los efectos negativos y optimizar el aprovechamiento de las oportunidades, será el conocimiento y el fomento de estrategias que mitiguen su impacto. En consecuencia, los programas de observación y análisis científicos, así como también la experiencia acumulada son útiles para hacer frente al cambio climático y su efecto en los organismos marinos, como los moluscos bivalvos, identificados como vulnerables a los efectos de este cambio, lo cual junto a las descontroladas explotaciones de sus bancos naturales reducen notablemente las población con consecuencias graves para la biodiversidad y la seguridad alimentaria.

A partir del año 2012 se ha desarrollado el Proyecto FONACIT-UDO 201100299 “*Estación Hidrobiológica de Turpialito del Instituto Oceanográfico de Venezuela de la Universidad de Oriente como Centro de Monitoreo Ambiental y Producción de Semillas de Moluscos Bivalvos*”, bajo la responsabilidad del Grupo de Investigación en Biología de Moluscos de la Universidad de Oriente. El proyecto está basado en la necesidad inmediata de desarrollar protocolos que permita la restauración ecológica, teniendo como base inicial la especie de ostra perla *Pinctada imbricata*, así como establecer una estación centinela del cambio climático.

El proyecto sienta las bases de la producción de “semillas” de bivalvos, así como la consecuente formación de recurso humanos, en todos los ámbitos: universitario, técnico, comunal, principalmente procedente de la costa del edo. Sucre, los cuales juegan un papel esencial, en función de permitir la visión de la



acuicultura como una actividad productiva y restauradora de los recursos naturales.

En el presente avance se muestran los resultados del proyecto, en cuanto a las actividades de investigación-producción de la ostra perla *Pinctada imbricata* y su restauración ecológica y la determinación de factores ambientales importantes en la modulación del crecimiento y la reproducción de invertebrados marinos.

Producción de semillas

Tras unos varios ensayos de producción de semillas, el proyecto pudo establecer un protocolo de producción, ello debido a la experiencia de sus participantes y capacitación en centros de excelencia de producción en Chile y España, con los cuales el GIBM-UDO posee alianzas y convenios a través de la Universidad de Oriente y el apoyo del FONACIT. En vista de ello se ha establecido, el protocolo de producción, resumido en el siguiente esquema:

Tabla 1. Esquema de protocolo de producción de de semillas de *Pinctada imbricata*

| Fase | Condiciones | Referencia |
|---|--|------------|
| Acondicionamiento de reproductores | Temperatura 24,5°C Alimentación 6% masa seca Recambios 100% día | Figura 1 |
| Desove | 1 – 4 millones de ovocitos por hembra Ovocitos con forma Piriformes/periesféricos 28 millones de embriones Se puede mantener en altas concentraciones Proporción espermatozoides : ovocitos 10:1 | Figura 2 |
| Desarrollo embrionario día 0 al 1 | Tanques de 400 L Temperatura de 24,5 °C Densidad 12 larvas/ml Sin alimento Aireación suave | Figura 3 |
| Desarrollo larvario día 2 al 4: | Tanques de 400 L Temperatura de 24,5 °C Densidad 7 larvas/ml Alimentación de 15.000 a 24.000 cel/ml | Figura 4 |
| Desarrollo larvario día5 al 25: | Tanques de 400 L Temperatura de 24,5 °C Densidad 7 larvas/ml Alimentación 30.000 cel/ml Aireación moderada | Figura 5 |
| Fijación y metamorfosis: | Tanques de 1500 L Temperatura de 25 °C Densidad 1,7 Post-larvas/ml Alimentación 60.000 cel/ml Aireación fuerte Incremento exponencial de alimento Alcanzar talla (semilla competente) para siembra en condiciones naturales (1 mm) | Figura 6 |
| Siembra en el mar | Sistemas suspendidos de cultivos (<i>long line</i>) de 50 y 100 m de longitud. Confinadas en ristras verticales | Figura 7 |





Figura.1 Acondicionamiento de reproductores



Figura 2. Desove

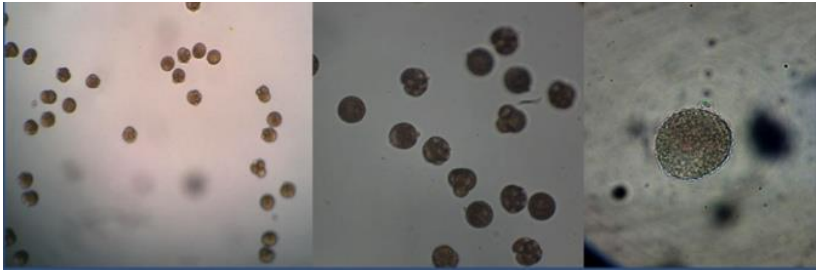


Figura 3. Desarrollo embrionario día 0 al 1



Figura 4. Desarrollo larvario día 2 al 4



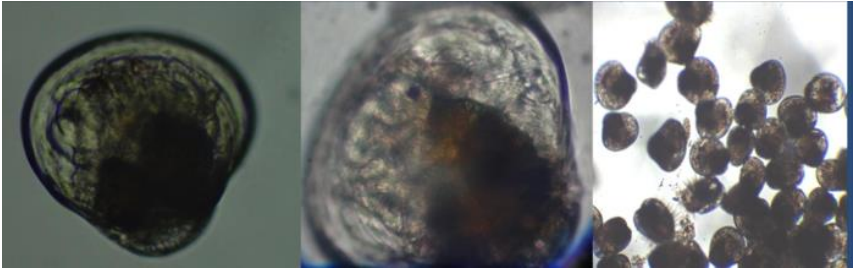


Figura 5. Desarrollo larvario día 5 al 25

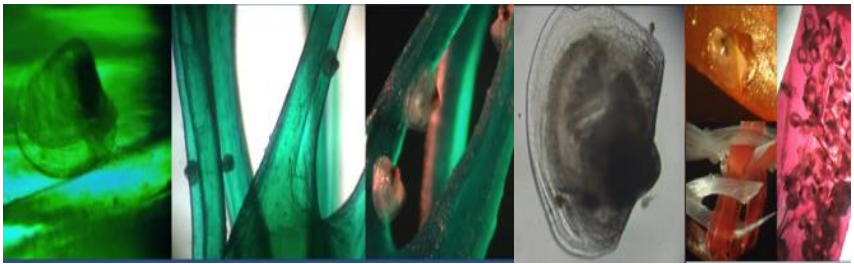


Figura 6. Fijación y metamorfosis

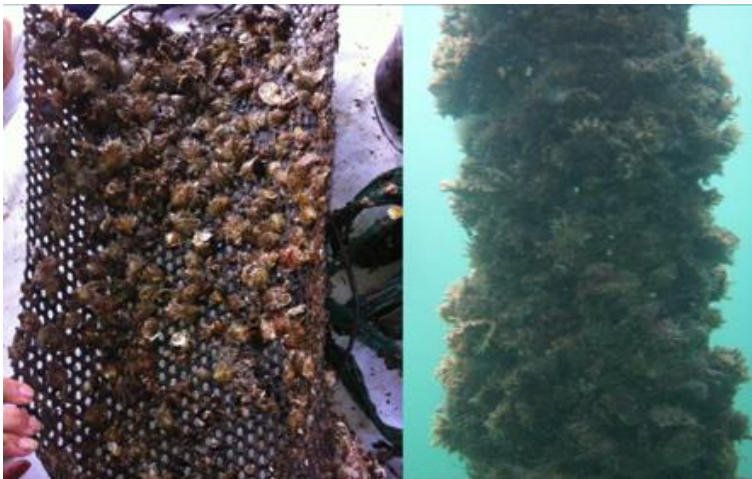


Figura 7. Siembra en el mar



Experiencias científicas y formación de talento humano

En la actualidad se han desarrollado 22 bioensayos, de los cuales 17 han finalizado, y cuyo objetivo principal es el desarrollo de un paquete tecnológico que alcance la factibilidad biológica del cultivo de la ostra-perla *Pinctada imbricata* en el país. El proyecto hasta los momentos ha dado apoyo para la formación de 7 estudiantes de pregrado, 5 de maestría y 1 de doctorado. La data generada hasta el momento en los 2 años de actividad a generado conocimiento nuevo a través 6 trabajos que han sido presentados y publicados en revistas indexadas de elevada calidad científica. También se han realizados cursos dirigidos estudiantes universitarios, así como las comunidades costeras con el fin de formar talento humano encaminado a consolidar la acuicultura como una actividad productiva fortaleciendo la seguridad y soberanía alimentaria nacional. Adicionalmente el Proyecto, ha servido de base fundamental para la realización de actividades en los postgrados de varias universidades de Venezuela, con especial referencia la Universidad de Oriente y soporte de varias actividades para distintas dependencias de la UDO, a parte del Institutito oceanográfico de Venezuela.

Actividades de repoblamiento de los bancos

Después de evaluar distintos banco naturales de la ostra perlera, se seleccionó el banco de Chacopatica, estado Sucre, Venezuela, por estar en vías desaparición, en función de dar inicio al programa de repoblación, para el cual se han liberado 120 mil ostras en estado reproductivo, aportando al banco un importante número de organismos exportadores de gametos (fig. 8). Aunque, por ahora, no se está llevando un estudio exhaustivo de la repoblación, algunas señales, de recuperación del banco han sido determinadas, tal como lo afirman pescadores y habitantes de la zona. Actualmente se tiene en crecimiento unas 8 millones de semillas (3-4 mm), se estima que para febrero gran parte de ellas tendrán 30-35 mm, siendo ya competentes para la reproducción, por lo cual en su mayoría serán liberadas en los bancos naturales.





Figura 8. Actividad de repoblamiento en el banco de Chacopatica, costa norte del edo. Sucre, con organismos cultivados hasta talla reproductivamente competente.

Monitoreo ambiental

Para llevar un registro de los factores ambientales en el Centro se realizan muestreos continuos de las condiciones químicas y biológicas de las zonas aledañas, donde se encuentran instalados 10 termógrafos de alta definición para determinar los cambios de temperatura, en asociación con los cambios de biomasa fitoplanctónica, seston orgánico e inorgánico, oxígeno, salinidad, nutrientes, fito y zooplancton, carbono, entre otros parámetros que se registran de forma continua, contribuyendo a establecer un monitoreo ambiental adecuado para el estudio de cambio climático.

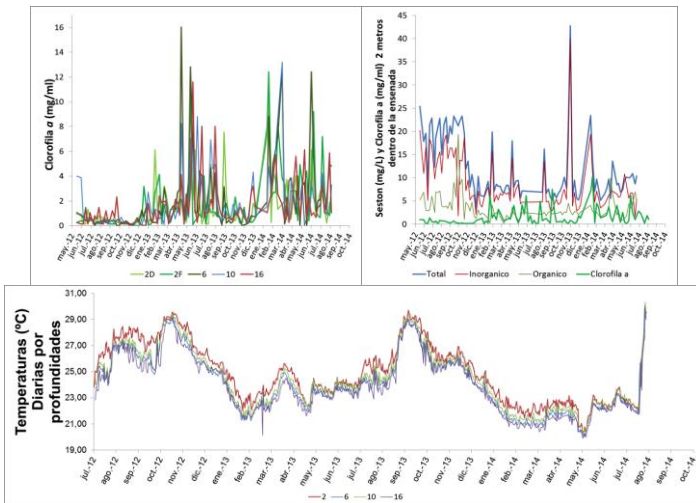


Figura 9. Algunos parámetros ambientales determinados de forma continua por el proyecto



Proyecciones

El proyecto, administrativamente finaliza en enero 2015, pero el mismo ha generado la creación del *Centro de Investigaciones de Biología y Acuicultura de Moluscos de la UDO* (CIBAM-UDO), (fig. 12) conformado por el Grupo de Biología de Moluscos de la UDO (GIBM-UDO), involucrando el personal formado por el proyecto. Para darle continuidad a las labores del proyecto y consolidación del CIBAM-UDO, ya existe un proyecto de fortalecimiento aprobado por gobierno nacional de la República Bolivariana de unos 30 millones de bolívares a 3 años, que serán desembolsados al Centro a través de la Unidad Territorial edo. Sucre, del Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología.

El proyecto y la consolidación del CIBAM-UDO sientan las bases de la producción de semillas de moluscos, el cultivo de ellos y la restauración ecológica de sus bancos.



Figura 10. Instalaciones destinadas para el Centro de Investigaciones en Biología y Acuicultura de Moluscos de la Universidad de Oriente

Agradecimientos

El proyecto es financiado por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del Ministerio del Poder Popular para la Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología de Venezuela. Se agradece el apoyo para el desarrollo del proyecto al Instituto Oceanográfico de Venezuela y en especial al Consejo de Investigación, Vicerrectorado Académico y Administrativo, Dirección de Planificación y Despacho Rectoral de la Universidad de Oriente, así como otras instituciones que han apoyado la consecución de recursos para el proyecto, en especial a FUNDACITE-Sucre.







ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA PESQUERA
ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA PESQUERA

Conclusiones

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA



VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA VII FIRMA ECUADOR 2014

Conclusiones

El Foro tuvo unos 300 participantes inscritos y un centenar de *posters* o carteles de elevada calidad, siendo seleccionados 3 para ser reconocidos por su destacado nivel científico:

- ❖ Valoración bromatológica de diferentes subproductos agropecuarios de la Provincia del Oro (Ecuador) para su utilización en la alimentación del camarón. Autores: De Haro C, Zorroza L., Renteria P., Tantacruz R., Farías M.J., Sánchez-Muroa M.J.
- ❖ Desarrollo de un sistema de visión Robótica, para vehículo autónomo submarino, para la restauración de arrecifes de coral. Autores: Tusa E., Reynolds A., Robertson N., Lane D., Bosnjak A., Villegas H
- ❖ Copépodos parásitos de la familia Caligidae en peces marinos de aguas de Jaramijó, Ecuador. Autores: Caña-Bozada V., Morales-Serna N., Santana-Piñeros A.

En el evento participaron investigadores de varios países iberoamericanos: Argentina, Colombia, Costa Rica, México, Cuba, Panamá, Perú, Venezuela, Chile, Brasil, y por supuesto Ecuador, con la presencia de los países de la península ibérica de Portugal y España y participantes invitados de Estados Unidos y Francia. Estando presente y representadas más de 70 instituciones iberoamericanas, generando una interacción entre los investigadores participantes en función de desarrollo.

El programa fue cubierto a cabalidad, dictándose 40 excelentes conferencias, 7 magistrales fueron antesalas de las 8 mesas de trabajos desarrolladas: Sanidad acuícola, Recursos pesqueros en Ecuador: Pesca artesanal y Pesca Industrial, Diversificación de la maricultura en Ecuador, Acuicultura a pequeña escala, Contaminación y cambio climático y Cooperación iberoamericana.



Conclusiones

En todas las mesas de trabajo, las exposiciones programadas se cumplieron en más del 90 %, existiendo debates con interesantes y pertinentes discusiones. Varias opiniones recogidas de parte de los participantes en las mesas expusieron que las mismas se desarrollaron con tal calidad y magnitud gestándose interesantes e importantes debates, los cuales de por sí, podrían conformarse como eventos o congresos especializados.

Se ha hecho énfasis en cuanto a los recursos disponibles, pesca y la acuicultura en Ecuador, objetivo que persigue el FIRMA con el país, o región anfitriona, así como un diagnóstico y análisis del potencial acuícola de Iberoamérica y de algunos países en particular como el vecino Perú.

Preocupa las proyecciones de sostenibilidad del consumo de productos acuícolas en Iberoamérica con las tasas actuales, proyectándose que la producción acuícola de hoy deberá crecer más del 200% en 20 años (al 2034), para alcanzar 6.000.000 t. Si bien ésta es una cifra exorbitante, existen los recursos y se debe generar una plataforma adecuada para el desarrollo y lograr estos alcances, para ello se vislumbra consolidar el cultivo de especies de agua dulce y moluscos y diversificar más la acuicultura.

Los debates permitieron una interacción entre los expertos presentes y representantes del gobierno de Ecuador MAGAP, INP-MAGAP, Ministerio de Ambiente y universidades como la ULEAM, UPSE, ESPOL particularmente CENAIM-ESPOL, Universidad Técnica del Norte, UTMACH, etc., en función de promover la transferencia de conocimientos y tecnología al sector productivo. Aunque en la sección de acuicultura y desarrollo sostenible hubo aproximaciones de cooperación internacional y empresa privada, el tema de cooperación estuvo limitado, ya que no se presentaron, por alguna razón, representantes de instituciones de cooperación o promoción, lo cual será una asignatura pendiente para el próximo evento, VIII FIRMA Perú 2015.

Consideramos haber cumplido los objetivos del presente **VII FIRMA Ecuador 2014**.







*Grupo de Investigación sobre Biología de Moluscos
Universidad de Oriente*

ISBN: 978-980-234-272-3



9 789802 342723



PROMETEO
Investigación Formación Desarrollo

Secretaría de
Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA