



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
MANABÍ



GOBIERNO DE
MANABÍ
Desarrollo y Equidad

IX FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y ACUICULTURA EDICIÓN 2020



Logos included in the grid:

- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca
- Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación
- Ministerio del Ambiente
- El Gobierno de Togo
- AUNAP
- EMSERVING-EP
- UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA
- USC (UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA)
- UNIVERSIDADE DE VIGO
- SUR
- Universidad Católica del Norte
- Sucre
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
- UFG
- PUCE
- espol
- Centro Nacional de Acuicultura e investigaciones marinas
- TUNA CONS
- ceipa
- Cámara Ecuatoriana de Industriales y Procesadores Atuneros
- WWF
- AquaTechnica
- BioMol
- INBICUM UTM
- LODEIROS
- cean Farm S.A.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESCA ECUADOR
- MEGASUPPLY
- Quinta San Juan
- Parque Nacional GALÁPAGOS Ecuador
- UNA (UNIVERSIDAD NACIONAL)
- BioMol



ISBN: 978-9942-948-47-2

Juan Carlos Vélez-Chica, Edgar Zapata-Vívenes,
Vanessa Acosta, Fernando Ramón Isea-León,
Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana,
Jorge Sonnenholzner, Manuel Rey-Méndez,
Nieves González-Henríquez, César Lodeiros

IX Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura

Juan Carlos Vélez-Chica, Edgar Zapata-Vívenes,
Vanessa Acosta, Fernando Ramón Isea-León,
Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana,
Jorge Sonnenholzner, Manuel Rey-Méndez,
Nieves González-Henríquez, César Lodeiros

Esta obra se debería citar como:

Todo el libro:

Vélez-Chica J.C., Zapata-Vívenes E., Acosta V., Isea F., Santana-Piñeros A.M., Cruz-Quintana Y., Sonnenholzner J., Rey-Méndez M., González-Henríquez N., Lodeiros C. 2020. IX Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y Acuicultura. Ediciones, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, 527 pp.

Trabajo:

Chacón A., Moreno S., Mostué M. 2020. Extracción de colágeno en medio ácido de la piel de la cola de atún (*Thunnus atlanticus*). Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui. 9:319-325.

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, construcción gramatical, 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

garcia.marycruz@gmail.com

ISBN: 978-9942-948-47-2

La presente obra tiene un licenciamiento *Creative Commons*. Usted es libre de compartir, copiar, distribuir y comunicar públicamente los contenidos bajo las siguientes condiciones:



Atribución: Debe reconocer los créditos de cada uno de los contenidos de la manera especificada por el licenciante.

No comercial: No puede utilizar esta obra para fines comerciales

Sin obras derivadas: No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

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, y siempre un puñado de voluntades ha generado, junto con los participantes, una ola académica llena de hermandad que ha conllevado al éxito, el IX FIRMA Manabí, 2019, 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.

La organización FIRMA se siente plenamente complacida de haber celebrado un año más este importante evento internacional, nuevamente en Ecuador, un país comprometido con el manejo y conservación de los recursos marinos. Agradecemos a toda la comisión organizadora, y a todas las instituciones auspiciantes que permitieron que, en tan sólo cuatro meses, se logrará preparar y celebrar con gran éxito el IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019. Agradecemos también especialmente a los conferencistas provenientes de la academia y centros de investigación, de las instituciones gubernamentales, ONGs y de las asociaciones de empresas privadas, por brindarnos sus experiencias y sabiduría. La generosidad, colaboración y calidad de las conferencias fue punto clave del éxito del evento. Estamos muy agradecidos también con la provincia de Manabí, tierra maravillosa que siempre brinda hospitalidad, hermandad y belleza.

Un muy especial agradecimiento al Dr. Vicente Véliz Briones, Rector de la Universidad Técnica de Manabí-UTM, a la Dra. Hipatia Delgado de Mera, Vicerrectora Académica, a la Dra. Luz Cecilia García Cruzatti, Coordinadora de Investigación de la UTM y al Ing. Roberto Santos, Director de la Empresa Pública de la UTM por haber confiado en el éxito de este FIRMA con vista al mundo desde nuestra pujante UTM.

Especial agradecimiento también a la Magister Marjorie Idrovo Vishuete, Coordinadora del Dpto. de Acuicultura de la EAP-UTM por su muy importante acompañamiento en la gestión con éxito de este IX FIRMA, así como a la Dra. Ana María Santana-Piñeros, Coordinadora de Investigación de la EAP-UTM y presidenta de las IV Jornadas de Acuicultura, Pesquerías y Ambiente de la EAP-UTM por todo el apoyo para el desarrollo del evento, y a todo el comité del IX FIRMA.

También agradecemos al Lic. Lenin Mansalva, Director del Área de Comunicación de la UTM y al Ing. de Diseño Gráfico José Zambrano por su apoyo logístico y comunicación del evento.

A la profesora Alaxandra Verduga, Directora de Eventos Académicos de la UTM y a todo su equipo de estudiantes quienes realizaron un excelente trabajo de protocolo y asistencia en el evento.

Al Econ. José Leonardo Orlando, Prefecto de la provincia de Manabí y a su equipo de trabajo conformado por la Econ. Linda Chong, Sra. Fabiola Sandaño, Dr. Lenin Vera, Econ. Eduardo Almeida e Ing. Yessenia Cedeño, quienes están comprometidos y decididos a continuar en el apoyo con la visión de la

fórmula del progreso: I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) para la provincia de Manabí. La incorporación del Gobierno Provincial de Manabí a la organización del evento, selló el éxito del mismo.

Al CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) por su importante aporte, participación y acompañamiento técnico con las dos Redes que intervinieron en el IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019, LarvaPlus y AquaCibus. Al Dr. Enric Gilbert, Coordinador de la Red LarvaPlus por permitir un escenario de colaboración en conjunción con el evento. Al Dr. Jesús Simal Gándara, Coordinador de la Red AquaCibus por el inmenso apoyo y gestión del evento en general, y en particular del I Simposio AquaCibus, núcleo del evento.

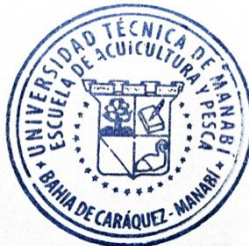
Una especial gratitud al Presidente de la empresa Megasupply José Ignacio Curiel, y su Gerente General en Ecuador Cristina Mantilla por el apoyo recibido.

Al toda la planta de docentes y de investigadores de la carrera de acuicultura de la EAP-UTM: Vanessa Acosta, Juan José Bernal, Javier Cedeño, Yanis Cruz, Johnny Delgado, Fernando Isea, Dayana Leal, Carlos López, Luz Soto, Alexandra Bermúdez, Patricio Panta, Luis Treviño, Jorge Vélez, Alan García, Ana María Santana, Jorge Sonnenholzner, Ramón Zambrano y Edgar Zapata-Vivenes. Así como el personal administrativo: Ing. Julia Hidalgo, Ing. María Elena Álvarez, An. Sist Ricardo Polit y Sr. Daniel Mora. Todos colaboraron fuertemente en el desarrollo del evento.

Cabe destacar en estas palabras de agradecimientos que por todo el trabajo organizativo e ímpetu para la realización de este IX FIRMA, y con la potestad del Coordinador General del FIRMA Dr. César Lodeiros Seijo por parte de la Universidad de Oriente-UDO, Universidad que gestionó la creación del FIRMA, se reconoció a la labor con el botón de oro de la UDO al Dr. Jesús Simal, coordinador general de AquaCibus, al Magister, Juan Carlos Vélez Chica y al Dr. Jorge Sonnenholzner, Presidente y Vicepresidente del IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019, así como a la Dra. Ana María Santana, Coordinadora de Investigación de la EAP-UTM y presidenta de las IV Jornadas de Acuicultura, Pesquerías y Ambiente de la EAP-UTM. También se reconoció con un botón de la UDO en consideración especial a la Magister Marjorie Idrovo, Dpto. de Acuicultura de la EAP-UTM.



Juan Carlos Vélez-Chica
 Presidente Comité Organizador IX FIRMA
 Vice-Decano
 Escuela de Acuicultura y Pesquería
 Facultad de Ciencias Veterinarias
 Universidad Técnica de Manabí




César Lodeiros Seijo
 Coordinador General FIRMA
 Escuela de Acuicultura y Pesquería
 Facultad de Ciencias Veterinarias
 Universidad Técnica de Manabí

Presentación

La Universidad Técnica de Manabí, hoy en día es la tercera universidad en cuanto a número de estudiante de Ecuador, país de renombrada importancia en la producción acuícola, dada la pesca como la del atún, con unas 4000 t/año, o la acuicultura particularmente con el cultivo de camarón hoy con proyecciones 2019 de unas 510.000 t/año. Por otra parte, Ecuador, y Manabí en particular está enclavada en una de las zooregiones con mayor biodiversidad del planeta, y su cuidado, preservación y aprovechamiento sustentable es de primero orden.

Hace 33 años, se fundó en la ciudad de Bahía de Caráquez, una extensión de la UTM, con la misión de darle un impulso a la región, en los últimos años su desarrollado ha sido de tal manera, que para el presente año será la Facultad de Acuicultura y Ciencias del Mar, esta extensión con una organización intachable, desarrolló durante los días 31 de julio y 2 de agosto, el IX Foro Iberoamericano de los Recursos Marinos y la Acuicultura “ IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019”, conjuntamente con las IV Jornadas de Acuicultura, Pesquería y Ambiente (IV Jornadas APA) y el I Simposio de la Red CYTED AquaCibus 2019. Durante esos días se desarrollaron también reuniones de dicha red y la red LarvaPlus, las cuales fueron apoyo fundamental, junto con el Gobierno Provincial de Manabí para el éxito del evento.

El IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019 se desarrolló con unos 400 participantes y más de una treintena de especialistas de renombre internacional provenientes de España, México, Costa Rica, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Argentina y Chile, quienes brindaron conferencias de elevada calidad. Conferencistas en representación de Gobierno, Empresa y Universidad expusieron sus fortalezas y capacidades en virtud de interactuar para la gestión del progreso y desarrollo en la administración y aprovechamiento responsable de los recursos marinos y la Acuicultura en Ecuador. Otras conferencias se desarrollaron con temas del uso de microalgas y avances en nutrición de organismos acuáticos, así como conferencias hacia la diversificación de la acuicultura, donde se expusieron además la factibilidad del cultivo de especies diferentes a aquellas tradicionales de Ecuador (camarón y tilapia) y especies emergentes para desarrollar su cultivo. Se presentaron más de 100 posters de elevada calidad, enfocando los trabajos hacia el desarrollo de Ecuador e Iberoamérica.

El presente libro recoge a manera de memoria revisada la mayoría de las presentaciones acontecidas en IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019, el cual sin duda, será una herramienta no solo para el desarrollo de la investigación científica en Ecuador e Iberoamérica, sino que será base fundamental para la creación de políticas de desarrollo en nuestros países.

Ha sido además de un honor, haber celebrado el IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019 en nuestra Universidad Técnica de Manabí.



Dr. Vicente Véliz Briones
Rector de la
Universidad Técnica
de Manabí



Comité

IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019
IV Jornadas de Acuicultura, Pesquería y Ambiente EAP-UTM-ULEAM
I Simposio AquaCibus 2019

Comité Presidencial

Vicente Véliz Briones
Rector, Universidad Técnica de Manabí

Hipatia Delgado Demera
Vicerrectora Académica, Universidad Técnica de Manabí

Luz Cecilia García
Directora Instituto de Investigación, Universidad Técnica de Manabí

Edis Macías Rodríguez
Decano Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí

Juan Carlos Vélez Chica
Vice-Decano Escuela de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí y Presidente del IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019

Marjorie Idrovo
Coordinadora Dpto. Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí

Ana María Santana Piñeros
Coordinadora Investigación, Escuela de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí y Presidenta IV Jornadas de Acuicultura, Pesca y Ambiente

Jorge Sonnenholzner
Vicepresidente del IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019
Dpto. Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad Técnica de Manabí

José Leonardo Orlando
Prefecto, Gobierno de Manabí

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

Jesús Simal Gandara
Coordinador red AquaCibus, CYTED, España
César Lodeiros Seijo
Coordinador General FIRMAS, Presidente del I Simposium AquaCibus

Comité Organizador

Juan Carlos Vélez Chica
Presidente del IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019

Jorge Sonnenholzner
Vicepresidente del IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019

Ana María Santana Piñeros
Presidenta IV Jornadas de Acuicultura, Pesca y Ambiente

Jesús Simal Gándara
Coordinador red AquaCibus, CYTED, España

César Lodeiros
Coordinador General FIRMAS, Presidente I Simposio AquaCibus 2019

Comité ejecutivo

Inscripción

Javier Cedeño
Alan García
Fernando Isea
Edgar Zapata Vivenes

Relaciones empresa-gobierno

Juan José Bernal
Ramón Zambrano

Protocolo

Marjorie Idrovo
María Elena Álvarez
Alexandra Bermúdez
Johnny Delgado
Jorge Vélez

SopORTE Técnico audio-visual

Ricardo Polit
Luis Treviño

Posters

Vanessa Acosta

Dayana Leal

Luz Soto

Carlos López

Patricio Panta

Escuela de Acuicultura y Pesca

Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí

Logística

María Pita

Diego Pita

John Cedeño

Luz Cecilia García

Instituto de Investigación,
Universidad Técnica de Manabí

Lenin Malsaba-Coordinador

José Zambrano

Dpto. Relaciones Públicas,
Universidad Técnica de Manabí

Jose Luis Molina

Director Gestión Administrativa,
Universidad Técnica de Manabí

Alexandra Verduga

Organización y Dirección Eventos Académicos,
Universidad Técnica de Manabí

Roberto Santos

María Fernanda Avila Loor

Viviana García Zamora

Empresa Pública,
Universidad Técnica de Manabí

Aparicio Coll

aguazo

Unidad de Patrimonio Natural,
Ministerio de Ambiente

Yuli Rogel
Armada del Ecuador

Eduardo Almeida
Linda Chong
Gobierno Provincial de Manabí

Marycruz García-González
Universidad de Oriente, Venezuela

Comité científico

Ana María Santana Piñeros
Vanessa Acosta
Yanis Cruz
Carlos López
Juan Carlos Vélez Chica
Cesar Lodeiros
Escuela de Acuicultura y Pesca
Facultad de Ciencias Veterinarias,
Universidad Técnica de Manabí

José Alió
Facultad de Ciencias del Mar
Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Ecuador

Manuel Rey Méndez
Universidad de Santiago de Compostela, España

Nieves González
Universidad de Las Palmas Gran Canaria, España

Jesús Simal Gándara
Universidad de Vigo, España

Conclusiones

La conferencia inaugural estuvo a cargo del Ing. Guillermo Morán de TunaCons que a través de su exposición magistral invitó al auditorio a recapacitar en la forma de explotación de los recursos marinos, con especial referencia el atún, dejándonos un camino hacia el aprovechamiento de los recursos de forma sustentable.

El IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019 se desarrolló con unos 400 participantes y más de una treintena de especialistas internacionales (de instituciones nacionales y de varios países iberoamericanos: España, México, Costa Rica, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Brasil, Argentina y Chile), quienes nos brindaron conferencias de elevada calidad. Conferencistas en representación de Gobierno, Empresa y Universidad expusieron sus fortalezas y capacidades en virtud de interactuar para gestión de progreso y desarrollo en la administración y aprovechamiento responsable de los recursos marinos y la acuicultura en Ecuador. Otras conferencias se desarrollaron con temas del uso de microalgas y avances en nutrición de organismos acuáticos, así como conferencias hacia la diversificación de la acuicultura, donde se expusieron además la factibilidad del cultivo de especies diferentes a aquellas tradicionales de Ecuador (camarón y tilapia) y especies emergentes para desarrollar su cultivo. Se presentaron más de 100 posters de elevada calidad, enfocando los trabajos hacia el desarrollo de Ecuador e Iberoamérica. Tanto las conferencias como los trabajos en poster presentados fueron revisados por un comité editorial y publicados en la presente memoria, a manera de *proceeding*.

Los trabajos que recibieron reconocimientos como premio al mejor trabajo presentado en posters fueron:

Primer lugar:

Samuel Arbarcia, estudiante de la Universidad Científica del Sur, Perú y colaboradores, con el trabajo “Evaluación de la capacidad de propagación vegetativa de *Chondracanthus chamissoi* “Yuyo” de cinco localidades de Pisco-Ica, Perú”

Segundo lugar:

Cristina Chávez estudiante de la Escuela de Acuicultura y Pesca de la Universidad Técnica de Manabí y colaboradores con el trabajo “Crecimiento y supervivencia de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* en cultivo suspendido en el Estuario del Rio Chone, Ecuador”

Tercer lugar:

Haydelba de Armas de la Universidad Estatal de Milagros, Ecuador y la Universidad de Oriente, Venezuela y colaboradores con el trabajo “Composición química y biotoxicidad del alga roja *Kappaphycus alvarezii* Doty (Solieriaceae)”

El IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019, fue, sin lugar a dudas, escenario de interacción entre investigadores e instituciones, siendo plataforma, junto con la red AquaCibus para acuerdos, convenios entre instituciones y creación de redes de investigación para el desarrollo de Iberoamérica, como lo fue la creación de las redes de Ecuador de cultivo de moluscos Acuimol y Equinodermos.

No tenemos la menor duda que se cumplieron todos los objetivos previstos rebasando nuestras expectativas...



Índice

Cómo citar esta obra	ii
Agradecimientos	iii
Presentación	v
Comité Organizador	vi
Conclusiones	x
Índice	xi
Programa	1
CONFERENCIAS – RECURSOS MARINOS	
Formación en la administración de los recursos pesqueros en Ecuador José Javier Alió Mingo	9
Concesiones de áreas de manejo pesquero artesanal, una visión desde la provincia de Esmeraldas, Ecuador Eduardo Rebolledo Monsalve	14
Los bancos genéticos y su papel en la conservación, gestión y trazabilidad de la biodiversidad marina en Iberoamérica: caso península de Santa Elena, Ecuador Nieves González-Henríquez	30
Vulnerabilidad de los recursos marinos en Ecuador frente a escenarios de cambio climático Francisco Navarrete-Mier y Patricia Castillo-Briceño	42
CONFERENCIAS – ACUICULTURA (I Simposio AquaCibus)	
Formación en la carrera de tecnología superior en acuicultura del ISTLAM – Jaramijó, Ecuador María Guadalupe Bravo Montesdeoca	58
La carrera tecnológica en acuicultura del Instituto Tecnológico Superior El Oro (ITSO) en Machala, provincia Del Oro, Ecuador Diego Cumbicos Ortega	65
Producción y diversificación de la acuicultura en el Perú Paul M. Baltazar Guerrero	75
Perspectivas del cultivo de chame en Iberoamérica, con especial referencia a Ecuador Ana María Santana Piñeros, Yanis Cruz Quintana	85
Experiencias de implementación de sistemas piscícolas en comunidades del resguardo indígena Arhuaco de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia Juan C. Durán Izquierdo, Adriana Patricia Muñoz Ramírez	98
Especies emergentes para el cultivo de moluscos en el pacífico tropical iberoamericano: foco Ecuador César Lodeiros	116
Cultivo de pulpo: perspectivas para Iberoamérica y Ecuador Manuel Rey-Méndez	126

TRABAJOS CIENTÍFICOS: ACUICULTURA

- Efecto del uso de dos probióticos comerciales, con diferentes concentraciones, en el incremento o ganancia de peso, hematología e histología intestinal del chame *Dormitator Latifrons*.** 145
Bermúdez-Medranda, Alexandra E., Lucas, G, Vilela, E, J.C. Vélez-Chica, Yanis Cruz, Mesías, A, Vásconez, Y, Espinoza, M, Piaguage, E, Santana-Piñeros, A.M
- Parámetros bioquímicos y defensa antioxidante en el tejido gonadal del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) bajo condiciones de cultivo en la estación experimental la fragata, estado Sucre, Venezuela** 157
Jesús Boada-Cova, Patricia Velásquez-Votterlerd, Edgar Zapata-Vivenes, Raquel Salazar-Lugo
- Crecimiento y supervivencia de la ostra perlera *Pteria sterna* (Gould, 1851), en cultivo suspendido** 168
Gilbert Antonio Lucas Zambrano, Luis Manuel Treviño Zambrano, Jorge Vélez Falcones, Alan García Bermúdez, César Lodeiros
- Acondicionamiento gonádico e inducción al desove por “shock” térmico de la ostra perlífera *Pteria sterna* (Gould, 1851) en condiciones de laboratorio.** 176
Luis Manuel Treviño Zambrano, Beatriz Elena Ángeles Escobar, Jorge Vélez Falcones, Alan García Bermúdez, César Lodeiros
- Parámetros hematológicos del chame *Dormitator latifrons*** 190
Byron Manuel Reyes-Mero, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana
- Principios de fisiología productiva en acuicultura: sostenibilidad y simulación dinámica** 197
Uzcátegui-Varela, J.P., Isea, F. Ceballos-Ramírez, M.
- Efecto de la densidad de siembra inicial en elementos tubulares de la ostra alada *Pteria sterna* (Gould, 1851) bajo cultivo en suspensión** 211
Karla Cadena Rosero, César Lodeiros, Luís Treviño, Jorge Vélez
- Eficiencia de la maduración natural y probiótica en un sistema de recirculación de agua para el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*)** 218
Leonela Intriago Cedeño, Estefania Mora Barrera, Nohelia López Vera, Dennis Tomalá Solano, Jodie Darquea Arteaga
- Potencialidad para la crianza del chame (*Dormitator latifrons*, Pisces: Eleutridae) en el Carmen, Ecuador** 230
Ramón Horacio Zambrano-Aveiga, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta, Janeth Jácome- Gómez, Myriam Zambrano-Mendoza, Juan Pablo Tobar-Galvez, María Verónica Taipe Taipe, Janeth Intriago, Sandro Comejo, Javier Salcán y Anayansi Albert Rodríguez
- Caracterización fisicoquímica de la harina de hidrolizado de plumas obtenida mediante método físico para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.)** 240
María Mora, David Mejías, Xiulingy Méndez, Fernando Isea León, Diana Ramírez
- SERS directo para la detección de fenol en aguas empleadas en acuicultura** 246
Anxo Carreira-Casais, Verónica Montes-García, Jorge Pérez-Juste, Isabel Pastoriza Santos, Jesús Simal-Gándara

Optimización del efecto combinado de la temperatura y la concentración inicial de azúcar en el comportamiento cinético del crecimiento de <i>Saccharomyces fibuligera</i> y en la producción de biomasa, pared celular y fracciones de la misma, en medios de cultivos de aguas residuales del cultivo del mejillón	253
Cecilia Jiménez-López, A.G. Pereira, P. García-Oliveira, C. Lourenço-Lopes, M. Carpena, M. Fraga, J.A. Vázquez, M.A. Prieto, J. Simal-Gandara	
Absorción de fósforo en <i>Penaeus vannamei</i> (Penaidae-Boone, 1931) mediante el uso de tres dietas artificiales	264
Marjorie Idrovo-Vishuete, Fernando Isea León, Vanessa Acosta de Matheus, Rodolfo Panta-Vélez, Juan Vélez-Chica, Roberto Retamales-González	
Selección asistida por marcadores (MAS, “Marker-assisted selection”) en el mejoramiento genético de peces	270
María Verónica Taipe-Taipe, Janeth Jácome-Gómez, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta, Anayansi Albert-Rodríguez, Janeth Intriago, Myriam Zambrano-Mendoza, Javier Salcán, Juan Pablo Tobar, Sandro Cornejo y Ramón Horacio Zambrano-Aveiga	
Producción de juveniles de pargo manchado <i>Lutjanus guttatus</i> (Steindachner, 1869) en el parque marino del pacífico, Costa Rica.	281
Jonathan Chacón-Guzmán, Milagro Carvajal-Oses, Ángel Herrera-Ulloa	
Crecimiento y supervivencia de la ostra del pacífico <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg 1793), en cultivo suspendido en el estuario del río Chone	290
Cristina Chávez, Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros	

TRABAJOS CIENTÍFICOS: RECURSOS ACUÁTICOS

Fecundidad del dorado (<i>Coryphaena hippurus</i> Linneo, 1758) en el Pacífico Ecuatoriano	300
J. Vélez-Falcones, M. García-Veintimilla, R. León-Mateo, A. García y L. Treviño	
Potencial de aprovechamiento pesquero del erizo de mar <i>Echinometra lucunter</i> en el noriente de Venezuela	308
Daniel Polanco-Marin, Edgar Zapata Vivenes, Dwight Arrieche, César Lodeiros Seijo, Jeny Reyes-Luján	
Extracción de colágeno en medio ácido de la piel de la cola de atún (<i>Thunnus atlanticus</i>)	319
Chacón, A., Moreno, S., Mostué, M.	
Aplicación de la genómica poblacional en la trazabilidad del origen geográfico del berberecho común, <i>Cerastoderma edule</i> (Linnaeus, 1758).	326
Javier Quinteiro y Manuel Rey-Méndez	
El microbioma del berberecho común, <i>Cerastoderma edule</i> (Linnaeus, 1758), de poblaciones de la costa gallega: composición taxonómica y su relación con la ubicación geográfica.	336
Javier Quinteiro y Manuel Rey-Méndez	

Tilapia (<i>Oreochromis</i> sp.) en la diversidad íctica nativa en la provincia del Guayas, Ecuador	343
Janeth Jácome-Gómez, Javier Salcán, Verónica Taipe-Taipe, Janeth Intriago, Ramón Horacio Zambrano-Aveiga, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta, Myriam Zambrano-Mendoza, Juan Pablo Tobar-Galvez, Anayansi Albert Rodríguez, Sandro Cornejo	
TRABAJOS CIENTÍFICOS: BIOLOGÍA, SISTÉMÁTICA Y ECOLOGÍA	
Reproducción de tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp) en piletas de FCV mínima profundidad (resultados preliminares).	353
David Mejías, Fernando Isea León, Uriel Chica	
Análisis cualitativo de la dieta natural del chame (<i>Dormitator latifrons</i>; Richardson, 1844) en el humedal la Segua, Manabí, Ecuador	362
Fernando Isea León, Patricia Aguilar, A.E. Bermúdez-Medranda, Vanessa Acosta, Marjorie Idrovo, Luz Marina Soto, María Lourdes Guerra, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana, Miriam Steinitz-Kannan, Carlos López	
Parásitos metazoarios en calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> (D'Orbigny, 1835) del pacífico ecuatoriano	369
Leonela Griselda Muñoz-Chumo, Jonathan Fabricio Lucas-Demera, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana	
Uso de curvas abundancia-biomasa (ABC) en la detección de perturbaciones sobre comunidades de macro invertebrados de playas arenosas de Manabí (Ecuador)	378
J. Vélez-Falcones, J. Tam-Malaga, V. Acosta, R. León-Mateo, C. Lodeiros, A. García y L. Treviño	
Identificación de la ostra de Portobelo, estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador	387
César Lodeiros, Lenin Cáceres, Dailos Hernández-Reyes, Yanis Cruz-Quintana, Manuel Rey-Méndez, Nieves González-Henríquez	
Composición de la dieta de la corvina de roca <i>Brotula clarkae</i> (Hubbs, 1994) desembarcada en el puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador	394
Jardel Mora-Carranza, José Alió Mingo	
Epibiontes en colectores artificiales: efecto de la profundidad	403
Vanessa Acosta de Matheus, César Lodeiros, Carlos López, Luz Marina Soto, Fernando Isea	
Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica en playas arenosas en la ciudad de Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador	413
A. García-Bermúdez, L. Treviño, Jorge Vélez-Falcones, Patricio Panta-Vélez, Z. Quinteros-Carlos	
Distribución espacio-temporal de macroinvertebrados en zonas de manglar del estuario del río Chone, Manabí, Ecuador	421
R. Vera-Mera, Z. Quinteros-Carlos, V. Acosta-Balbás, J. Tam-Malaga y J. Vélez-Falcones	

Dinámica poblacional del ostión <i>Crassostrea cf. Cortezensis</i> en el estuario del Río Chone	434
Panta-Vélez Rodolfo Patricio, Moncayo-Rodríguez María Lissethe, García-Bermúdez Alán Emilio, Matos-Briones Zoila Gabriela, Mogro-Loor Lee Joe, Alvarado-Rizo Roberto Carlos, Suarez Avilés Reyna Jonathan Daniel, Torres-Farías Pierina Alexandra, Bedón-Zambrano Carlos Ernesto, Zambrano-Gómez Víctor Hugo, Bernal-Zambrano Juan José, Retamales-González, Roberto Antonio	
SUSTANCIAS ACTIVAS Y BIOTECNOLOGÍA	
Composición química y biotoxicidad del alga roja <i>Kappaphycus alvarezii</i> Doty (Solieriaceae)	446
D'Armas H., Neyra M., Segnini M., Leonor L, Barrios J.	
Composición lipídica del tejido muscular de algunas especies de peces marinos recolectados en aguas venezolanas	458
D'Armas H., Mendoza A., Ranaudo M., Lemus M	
Análisis citotóxico de cinco especies de algas marinas (<i>Centroceras clavulatum</i>, <i>hypnea spinella</i>, <i>kappaphycus alvarezii</i>, <i>padina pavónica</i>, <i>spatoglossum schröderi</i>) recolectadas en la playa de Salinas - Ecuador.	469
Camacho Priscila, Díaz Andrea, Jaramillo Carmita, D'Armas Haydelba, González Víctor, Tocto Jefferson	
Estudio de la composición proximal, lipídica y de ácidos grasos de <i>Cassostrea rhizophorae</i> (Ostra de mangle), provenientes de la Laguna de La Restinga, en tres períodos climáticos	478
Rodríguez, J., Milano, J., Moreno, S.	
Efecto neuroprotector de fucoxantina extraída a partir de macroalgas marinas	485
C. Lourenço-Lopes, L. Cassani., C. Jiménez-López, A. G. Pereira, P. García-Oliveira, M. Carpena, M. Fraga, M. A. Prieto, Jesús Simal-Gándara	
<i>Sargassum muticum</i>: Estudio para su valorización industrial en Galicia	498
P. García-Oliveira, C. Jiménez-López, A.G. Pereira, C. Lourenço-Lopes, M. Carpena, M. Fraga, M.A. Prieto, J. Simal-Gandara	
Análisis de riesgo como herramienta para la implementación de programas de bioseguridad en laboratorios de producción de postlarvas de camarón <i>Penaeus vannamei</i>	507
Ramón Zambrano Mero	
Variación de la calidad de agua en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador	512
Johnny M. Delgado Mera, Roberto Retamales, Luz Marina Soto Quintana, Rodolfo Patricio Panta Vélez, Vanessa Acosta de Matheus, Carlos L. López Lozada	
Organizadores y patrocinadores	522

Programa

IX Foro Iberoamericano de los Recursos marinos y la Acuicultura:

IX FIRMA Manabí, Ecuador 2019

IV Jornadas de Acuicultura, Pesquería y Ambiente EAP-UTM-ULEAM

I Simposio AquaCibus 2019

31 julio al 2 de agosto 2019

Miércoles 31 julio 2019

15:00-17:30 Inscripciones y retiro de material

17:30 Inauguración con autoridades:

Estrado:

Hipatia Delgado Demera, Vicerrectora Académica UTM; Luz Cecilia García, Directora de Investigación UTM; Edis Macias Rodríguez, Decano Facultad de Veterinarias; Juan Carlos Vélez Chica, ViceDecano de la EAP-UTM, presidente del FIRMA, Manuel Rey Méndez, Presidente la Asoc. Foros Rec. Mar. Acui.; Ana María Santana, Presidenta IV Jornadas EPA-UTM; César Lodeiros Seijo, Coordinador General FIRMA; Jesús Simal, Representante Redes Cytel, otras personalidades invitadas: Gobernador de Manabí, Prefecto.

Podium (Palabras-no más de 5 min):

Hipatia Delgado Demera, Vicerrectora Académica (Salutación y Bienvenida)

Manuel Rey, Asoc. Foros Rec. Mar. Acui (la Asociación para Iberoamérica)

Juan Carlos Vélez Chica, ViceDecano de la EAP, Presidente del FIRMA

Leonardo Orlando Arteaga (Prefecto de Manabí)

18:00 pm Conferencia Inaugural

Guillermo A. Morán Velásquez, Director de TUNACONS

Manejo responsable de la pesca y la acuicultura en Iberoamérica para fortalecer la seguridad alimentaria y el desarrollo socio económico

19:00 Acto cultural UTM

19:30 Brindis



Jueves 1 agosto 2019

8:30-10:30 Recursos marinos en Ecuador: Administración gubernamental, empresas y universidad (Moderador: Ana María Santana Piñeros, EAP-UTM, Ecuador)

Gobierno

Edwin Castro Briones (Subsecretaria Rec. Pes., Viceministerio de Acuicultura y Pesca, Ecuador)

La Administración Pesquera en el Ecuador: panorama institucional y de gobernanza del sector

María del Pilar Solís Coello (Directora General INP, Ecuador)

Papel del INP en la investigación de los recursos marinos en el Ecuador

Iliana Elizabeth Solórzano Solórzano, Ministerio de Ambiente, Ecuador

Importancia y manejo de las áreas protegidas en la provincia de Manabí con énfasis en el proyecto de Conservación de Tortugas Marinas de Pacoche.

Empresa

Mónica Maldonado, Gerente General de Cámara Ecuatoriana de Industriales y Procesadores Atuneros

Industria atunera y su impacto en la economía Ecuatoriana

Universidad

José Alió, ULEAM, Ecuador

Formación en la administración de los recursos pesqueros en Ecuador

10:30-11:00 Café

11:00-12:00 Pesca (Moderador José Alió, ULEAM Ecuador)

Fernando Rey (World Wildlife Fund Inc, Ecuador)

Estado actual del recuso de Dorado



Eduardo Rebolledo Monsalve (PUCESE, Ecuador)

Concesiones de manejo pesquero artesanal, una visión desde la provincia de Esmeraldas, Ecuador

12:00-14:00 Almuerzo

14:00-15:00 Café/exposición de posters

15:00-18:00 Biodiversidad y cambio climático (Moderador: Carlos López EAP-UTM, Ecuador)

Jenny Rodríguez (CENAIM-ESPOL, Ecuador)

Bioteconología azul, una oportunidad para el biodescubrimiento en el Ecuador

Nieves González (USC, ULPGC, España; AquaCibus)

Los bancos genéticos y su papel en la conservación, gestión y trazabilidad de la Biodiversidad marina en Iberoamérica: caso Península de Santa Elena, Ecuador

Francisco Navarrete-Mier (ULEAM, Ecuador)

Vulnerabilidad de los recursos marinos en Ecuador frente a escenarios de cambio climático

Arturo González Wilson (WWF, Ecuador)

La WWF en el Pacífico tropical: foco Ecuador

Eduardo Espinoza (Parque Nacional Galápagos, Ecuador)

Retos de la conservación del Parque Nacional Galápagos

Viernes 2 de agosto (I SIMPOSIO AquaCibus)

8:30-10:30 Acuicultura en Ecuador: Administración gubernamental y universidad.
(Moderador: César Lodeiros, EAP-UTM, Ecuador)

Gobierno

Teresa A. Villavicencio (Subsecretaría Acuicultura, Viceministerio Acuicultura y Pesca, Ecuador)
La acuicultura en Ecuador y las actividades de la Subsecretaría de Acuicultura del Viceministerio de Acuicultura y Pesca

Universidad

Stanislaus Sonnenholzner, CENAIM-ESPOL

El CENAIM-ESPOL, pasado, presente y futuro

María Guadalupe Bravo Montesdeoca, ITSLAM

Formación tecnológica en acuicultura del ITSLAM

Diego Cumbicus, ISTO

La carrera tecnológica en acuicultura del ISTO

Juan Carlos Vélez Chica, EAP-UTM

Acuicultura en la UTM, proyecciones del Instituto de Ciencias del Mar

Eduardo Uribe, UCN, Chile

Formación doctoral en Iberoamérica en Acuicultura: doctorado en Acuicultura (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Universidad de Chile, Universidad Católica del Norte)

10:30-11:00 Café

11:00-12:00 Microalgas y nutrición (Moderador Jesús Simal, U Vigo, España, AquaCibus)

Eduardo Uribe (UCN, Chile; AquaCibus)

Cultivo de Microalgas y su utilidad en Iberoamérica

Igo Gomes Guimaraes (UFG, Brasil; AquaCibus)

Recientes avances en la nutrición de Cachama



12:00-14:00 Almuerzo

14:00-15:00 Café/exposición de posters

15:00-17:00 Diversificación de la acuicultura: especies emergentes en la acuicultura iberoamericana (Moderador: Patricio Panta, EAP-UTM; AquaCibus, Ecuador)

Paul Martin Baltazar Guerrero (Universidad Científica del Sur; AquaCibus)

Diversificación de la acuicultura en Perú

David Saldarriaga (Unv. Tumbes, Perú)

Perspectivas del cultivo de Paiche Arapaima gigas en Iberoamérica: con especial referencia Perú.

Diego Ardila Jaime (AUNAP, Colombia; AquaCibus)

Avances en el cultivo de peces marinos en Colombia

Jonathan Chacón (UNA-PMP, Costa Rica; LarvaPlus)

Cultivo del pargo manchado o lunarejo Lutjanus guttatus (Steindachner, 1869) en Costa Rica

Ana María Santana (EAP-UTM, Ecuador; LavaPlus y AquaCibus)

Perspectivas del cultivo de Chame en Iberoamérica, con especial referencia en Ecuador

Wilfrido Argüello (CENAIM-ESPOL; AquaCibus)

Especies emergentes para el cultivo de peces marinos en el Pacífico iberoamericano

Juan Carlos Duran Izquierdo (UNC, Colombia; AquaCibus)

Experiencias de implementación de sistemas piscícolas en comunidades del resguardo indígena Arhuaco de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

17:00-17:30 Café

17:30-18:30 Diversificación de la acuicultura: especies emergentes en la acuicultura iberoamericana (Moderador: Luis Treviño, EAP-UTM, Ecuador)

César Lodeiros (EAP-UTM; AquaCibus)

Especies emergentes para el cultivo de moluscos bivalvos en el Pacífico tropical iberoamericano

Jorge Sonnenholzner (EAP-UTM; AquaCibus)

Especies emergentes para el cultivo de equinodermos en iberoamérica

Manuel Rey-Méndez (USC, España; AquaCibus)

Cultivo de pulpo: Perspectivas para Iberoamérica y Ecuador

18:30-18:45 Premiación a los mejores trabajos presentados

18:45-19:00 Conclusiones, anuncio del próximo FIRMA 2020 y Clausura



IX FIRMA

CONFERENCIAS RECURSOS MARINOS



José Alió, ULEAM, Ecuador

Formación en la administración de los recursos pesqueros en Ecuador

Eduardo Rebolledo Monsalve (PUCESE, Ecuador)

Concesiones de manejo pesquero artesanal,
una visión desde la provincia de Esmeraldas, Ecuador

Nieves González (ULPGC, España; AquaCibus)

Los bancos genéticos y su papel en la conservación, gestión y trazabilidad de la Biodiversidad marina en Iberoamérica: caso Península de Santa Elena, Ecuador

Francisco Navarrete-Mier (ULEAM, Ecuador)

Vulnerabilidad de los recursos marinos en Ecuador frente a escenarios de cambio climático

Formación en la administración de los recursos pesqueros en Ecuador

José Javier Alió Mingo

Grupo de Investigación en Pesquerías y Acuicultura. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.

✉ javier.alio@uleam.edu.ec

INTRODUCCIÓN

Emygdio Cadima (2003), consultor pesquero de la FAO, expresa que la importancia de los recursos pesqueros (RR. PP.) y su explotación en una nación, no debe medirse de manera exclusiva en términos de contribución al producto interno bruto, sino que se debe considerar que los recursos y los productos de la pesca, constituyen un componente fundamental de la alimentación de los pueblos y de la generación de empleo. Otro aspecto fundamental de los recursos pesqueros, es su carácter de recurso natural auto-renovable, lo cual hace referencia a que si un recurso pesquero, o cualquier otro recurso biológico auto-renovable (por ejemplo, madera extraída de los bosques silvestres), se gestiona correctamente, su duración es prácticamente ilimitada, al contrario de lo que sucede con los recursos minerales.

En consecuencia, las propiedades biológicas de las especies pesqueras deben constituir la base fundamental para la conservación y la gestión de los recursos pesqueros, por lo cual debe añadirse los efectos ecológicos de la explotación de las especies (trama trófica), los aspectos sociales y económicos, o cualquier otro elemento involucrado de manera significativa en la gestión pesquera. Esta tendencia refleja la necesidad de dar un enfoque ecosistémico a la evaluación y administración de los recursos pesqueros.

Instituciones involucradas en la administración de los recursos pesqueros en Ecuador

De acuerdo a la Ley de Pesca y Acuicultura de Ecuador, el ente rector de la Pesca es el Viceministerio de Pesca y Acuicultura (VPA), al momento dependiente del Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. El VPA divide sus funciones entre tres Subsecretarías:

- Recursos Pesqueros (SRP)
- Acuicultura
- Calidad e Inocuidad

La SRP, es la encargada de dictar las normas que rigen la extracción de los RR. PP. en ambientes acuáticos. La elaboración de las regulaciones pesqueras se basa en la información disponible sobre dichos recursos y la institución oficialmente encargada de proporcionar asesoría técnica a la SRP, es el Instituto Nacional de Pesca (INP), aunque la SRP puede tomar medidas por decisión propia.

A diferencia de otros países, el personal de las universidades no necesariamente participa en las asesorías técnicas para la elaboración de normas, pero se espera que el INP use en sus recomendaciones toda la información disponible en el ámbito científico. En gran medida, esta información deriva de las investigaciones efectuadas desde las universidades nacionales y de países vecinos con los que compartimos recursos pesqueros.

El INP cumple funciones de investigación pesquera y acuícola, para lo cual dispone de personal profesional que ingresa con títulos de tercer o cuarto nivel, y posteriormente realiza postgrados, financiados con fondos propios o becas nacionales o de instituciones del extranjero. Dispone, además de embarcaciones y equipamiento de laboratorios especializados en las diversas áreas de la investigación pesquera. Tiene su única sede en Guayaquil, donde atiende las investigaciones del sector pesquero de todo el país, con evidentes limitaciones logísticas.

Necesidades del sector de la administración de los recursos pesqueros

Considerando que, por lo general, los recursos pesqueros no pueden ser gestionados directamente, su abundancia y dinámica poblacional deben ser estimadas indirectamente. Para ello, se emplean modelos que simulan el comportamiento de las poblaciones. Su construcción requiere de la información pesquera y biológica disponible. Particularmente, interesa disponer de datos sobre los desembarques históricos de cada especie, procedentes de las diferentes flotas pesqueras en los diversos puertos del país, o de los pescadores, quienes no siempre usan embarcaciones para efectuar sus labores. Así mismo, se necesita información sobre el esfuerzo pesquero (número de embarcaciones, de pescadores, de artes de pesca, entre otros) que se usó para producir estos desembarques. La información biológica involucra conocer detalles de la distribución espacial y temporal de las especies, tasa de crecimiento y mortalidad natural, estructura de tamaños y sexo, talla de madurez, entre otros. Se necesita también conocer los aspectos sociales y económicos de la explotación de los diversos RR. PP., que pueden condicionar el éxito de una explotación en un momento determinado.

Para cumplir con esta función, el investigador pesquero requiere tener una formación en biología de organismos acuáticos, matemática y estadística, ecología y oceanografía, economía y mercadeo, entre otras. También debe tener destrezas en informática, pues manejará grandes bases de información.

La información pesquera disponible actualmente en Ecuador para trabajar en la administración de los RR. PP., es de cobertura y calidad muy variable.

- Desde casi inexistente (desembarques fluviales, por ejemplo),
- con grandes vacíos de información (recursos explotados por las flotas artesanales),
- hasta abundante (grandes peces pelágicos explotados por las flotas industriales).

Las restricciones de información pesquera de muchos RR. PP., limitan severamente la construcción de modelos de simulación de su dinámica poblacional, así como el establecimiento de medidas de manejo. En consecuencia, la SRP utiliza de manera rutinaria medias de control del esfuerzo pesquero que debían reservarse para situaciones excepcionales, como el establecimiento de vedas territoriales o temporales a la explotación que involucran a muchas especies simultáneamente. Las vedas temporales tienen severas consecuencias negativas para las comunidades de pescadores que explotan los recursos afectados por las medidas.

Formación de tercer nivel en Ecuador

Actualmente, al menos diez universidades forman biólogos en el país, entre instituciones públicas y privadas.

Las de la costa tienen en sus mallas curriculares asignaturas relacionadas al sector pesquero (Universidad de Guayaquil – UG; Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – ULEAM; Universidad Estatal Península de Santa Elena – UPSE; Escuela Superior Politécnica del Litoral – ESPOL; Pontificia Universidad Católica del Ecuador – PUCE).

Las de la Sierra tienen en sus mallas al menos asignaturas asociadas a la Ecología o Biología Marina (Universidad Central del Ecuador – UCE; Universidad San Francisco de Quito – USFQ; Universidad del AZUAY – UAZUAY; Universidad Internacional del Ecuador – UIDE; Universidad Técnica Particular de Loja – UTPL).

También se forman en Ecuador profesionales en otras carreras que también se asocian al sector pesquero a través del procesamiento de productos o la acuicultura: **Bioquímica en Actividades Pesqueras** (ULEAM); **Ingeniería Agroindustrial** (ULEAM, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí – ESPAM, Universidad de Las Américas – UDLA,

Universidad Técnica de Cotopaxi-UTC y 8 universidades más); **Ingeniería Ambiental** (ULEAM, USFQ, PUCE, Escuela Politécnica Nacional – EPN; Universidad Estatal Amazónica – IKIAM y 16 universidades más); **Ingeniería en Acuicultura** (ESPOL; UPSE; Universidad Técnica de Machala- UTMACH; Universidad Técnica de Manabí – UTM).

Formación de postgrado

Actualmente, existen en el sector programas de maestría orientados a la Acuicultura en el CENAIM – ESPOL y en la UTM-Bahía de Caráquez. Se encuentra en preparación en la ULEAM una Maestría en Recursos Acuáticos - Mención Evaluación y Gestión de Pesquerías cuya aprobación del Consejo Universitario y del CES está en proceso.

La formación que se espera impartir en esta última, contempla tres ejes modulares: Evaluación de los recursos; Sostenibilidad ecológica de su explotación y Gobernanza en un enfoque ecosistémico. Se aspira que los estudios inicien en 2020.

Perspectivas

El país necesita personal especializado en dinámica poblacional de pesquerías y actualmente es limitado su número en el INP y universidades.

Se requiere atender las necesidades de información sobre los recursos, para asegurar su explotación sostenible y predecible, y eso requiere inversiones en investigación pesquera. Los estudios deben conducir a la propuesta de medidas de manejo alternativas a las vedas temporales, de manera que se reduzca el impacto social que actualmente se genera al sector pesquero del Ecuador.

La SENESCYT, a través de sus programas de becas y financiamiento de proyectos, ha colaborado apreciablemente a solventar estas deficiencias. Pero no es suficiente. Es imperativo conformar un fondo de financiamiento a la formación de talento humano y apoyo a proyectos de investigación pesquera.

La dimensión del sector pesquero del país puede facilitar la creación de este fondo.

El apoyo de la FAO y varios gobiernos será una ayuda importante.

CONCLUSIONES

- El Ecuador cuenta con un sistema de asesoramiento al ente administrador de los recursos pesqueros. Este permite orientar las regulaciones para un mejor conocimiento de dichos recursos.
- El asesoramiento debe ser fortalecido con el apoyo de la academia, la FAO, entre otras instituciones.
- La información pesquera debe difundirse amplia y eficientemente.
- El Viceministerio de Acuicultura y Pesca, debe interactuar más con el Consejo de Educación Superior - CES, la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación - SENESCYT y universidades, para asegurar una formación adecuada del personal que eventualmente se incorporará al sector pesquero.
- El país cuenta con universidades que imparten una buena calidad de formación de tercer nivel.
- Hace falta consolidar los cursos de postgrado que especialicen al personal en áreas fundamentales de la explotación pesquera.

Concesiones de áreas de manejo pesquero artesanal, una visión desde la provincia de Esmeraldas, Ecuador

Eduardo Rebolledo Monsalve

Escuela de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas Cerro Santa Cruz, Esmeraldas

✉ eduardo.rebolledo@pucese.edu.ec

INTRODUCCIÓN

La provincia de Esmeraldas dentro del contexto pesquero nacional, es la provincia con menor actividad pesquera industrial tanto en flota como en procesamiento de recursos en tierra. En Esmeraldas la actividad pesquera artesanal posee una flota pesquera que supera las 6000 embarcaciones menores e involucra el trabajo extractivo directo de al menos 18000 pescadores que generan una producción anual estimada en 40.000 ton.

A pesar de tener una rica y variada producción pesquera, Esmeraldas exhibe el menor movimiento económico por esta actividad, de acuerdo a los registros de cuentas provinciales del Banco Central de Ecuador. Al no existir las condiciones para procesar y agregar valores eficientemente a la producción pesquera, la provincia está obligada a trabajar con empresas de Manabí y del Guayas; tributando al erario de aquellas provincias y no a Esmeraldas.

Lograr que la productividad pesquera esmeraldeña se industrialice y que se vuelva competitiva, demanda años de trabajo sostenido y de la concreción de múltiples inversiones que en la práctica no se lograran en un corto plazo; cobrando importancia las intervenciones enfocadas a mejorar pesquerías artesanales, siendo el acuerdo 191 una oportunidad para desarrollar progresivamente asociaciones pesqueras artesanales al mismo tiempo que se manejan y conservan recursos de suma importancia ecológica. Sin embargo, la aplicación en la en la práctica de este acuerdo, presenta aspectos incongruentes que limitan sus objetivos principales.

El problema radica en que los Acuerdos de uso sustentable y custodia de manglares AUSCM adjudican a bosques de manglares emergidos y no cuerpos de aguas estuarinas vinculadas con áreas de manglares concesionados, obligándose al manejo exclusivo de pesquerías de subsistencia, como es la extracción de conchas del género *Anadara* y el trampeo del cangrejo azul *Cardisoma crasum*, pesquerías que presentan un bajo nivel de escalamiento y que resultan poco rentables, con respecto a pesquerías desarrolladas a bordo de embarcaciones, además de limitar acciones de control y vigilancia.

EL SECTOR PESQUERO ESMERALDEÑO

Esmeraldas es una provincia con tradición pesquera, el ancho de su plataforma continental favorece esta actividad empleando embarcaciones menores, desarrollándose en sus costas todos los modos de pesquerías artesanales que existen en el Ecuador continental y que se resumen en la tabla 1.

Tabla 1. Pesquerías Desarrolladas en la provincia de Esmeraldas.

MODO	Medios y características
PAP Pesca artesanal peatonal	<i>Recolectores intermareales</i> (mariscadores) de conchas, almejas, camarón, jaibas, pulpos, ostras
PAC Pesca artesanal costera, no motorizada	<i>Bongos de madera-fibra</i> , 3-5 m de eslora, 1-2 pescadores/bongo, mayormente, langostinos, demersales, pelágicos costeros, jaibas.
PACM, Pesca artesanal costera motorizada	<i>Canoas de madera, Fibra de Vidrio</i> , 5-9 m, 25/40 Hp mfb, 2-3 pescadores/embarcación, mayormente pomada, langostinos, peces demersales, pelágicos costeros
PAA, Pesca artesanal de altura	<i>Fibras, 7,5-9,5 m, 1-2 motores 75Hp</i> , 3 pescadores/embarcación, pelágicos costeros, pelágicos oceánicos, atunes, dorados, picudos, espadas, banderones, tiburones y wahoos.
ACUACULTURA	Producción semi intensiva de Camarón blanco, Tilapia y Chame en piscinas construidas en manglares y tierras altas, cultivos en mar inexistentes

Las costas esmeraldeñas presentan diversos hábitats costeros resaltando el rol de dos importantes reservas de manglares en sus costas: la Reserva de Manglares Cayapas Mataje REMACAN en el norte que se considera la reserva de manglares con el mejor estado de conservación del país y el Refugio de vida silvestre Manglares Estuario Rio Muisne Cojimíes RVSMRMC, en el sur de la provincia. Los manglares son reconocidos por su rol de mejora en el manejo de pesquerías comerciales de pequeña escala (Hutchison, Spalding y Ermgassen, 2014) para pescadores tradicionales y grupos marginalizados (López-Angarita *et al.*, 2018).

La mejora en la producción de peces en manglares ocurre a través de dos mecanismos clave: la provisión de alimentos y de refugios. Los altos niveles de productividad primaria proporcionan la base de cadenas alimenticias que mejoran el crecimiento de recursos pesqueros. Al mismo tiempo, las estructuras tridimensionales de canales, piscinas y la complejidad de raíces y ramas sumergidas, brindan protección contra la depredación, proporcionan condiciones

favorables como sombras y la reducción de flujos de agua (Hutchinson, Spalding y Ermgassen, 2014).

Los manglares son sectores productivos, que albergan una considerable riqueza de recursos, un estudio realizado en el año 2017, se analizaron 212 lances de 15 minutos con mallas de 2”1/8 de hilo y 2,5” pulgadas de monofilamento electrosoldado, registrándose más de 90 recursos capturados (Rebolledo, Velazco y Alió, 2017). La descripción de tan solo 12 capturas de 30 minutos con mallas de 2,5” dentro de REMACAN en el presente año, estuvo integrada por 57 recursos. Por lo antes señalado, el Instituto Nacional de Pesca establece que, Esmeraldas es la provincia con el mayor número de peces identificados en la primera milla náutica en todo el Ecuador continental, ascendiendo a 292 especies (INP, 2017).

Con respecto al número de pescadores que trabajan en la provincia de Esmeraldas, no es aventurado estimar que la provincia tendría más de 18000 pescadores trabajando en todos sus modos pesqueros. En la tabla 2 se resumen datos del total de pescadores y embarcaciones menores calculados para la provincia. Es importante destacar que los recolectores intermareales de bivalvos, moluscos y crustáceos (principalmente concher@s) no han sido correctamente estimados en el último periodo, siendo una población de extractores que ha aumentado considerablemente en los últimos años producto de los flujos migratorios de Colombia y de Venezuela. Estos recursos, particularmente las conchas del género *Anadara*, representan pesquerías de subsistencia diaria mayormente en el norte de Esmeraldas, en el Sur de la provincia, son también importantes pero sus bancos o poblaciones de conchas negras han declinado alarmantemente en los últimos años, habiéndose denunciado eventos de mortalidad masiva de organismos, hacia el sector de San José de Chamanga.

Tabla 2. Estimación de pescadores y embarcaciones para la provincia de Esmeraldas.

	Estimación N° Pescadores			Estimación de embarcaciones		
	Norte	Centro Sur	Provincia	Norte	Centro Sur	Provincia
INP-2013	7772	7758	15530	3042	2536	5578
PRODERENA-2009		9987			3024	
CID PUCESE-2011	7754		17741	2983		6007

INP 2013: Marco Herrera, Rómulo Castro, Dialhy Coello, Ingrid Saa y Esteban Elías, Puertos, Caletas y asentamientos pesqueros artesanales del Ecuador, Boletín Especial Año 04 N°1, Instituto Nacional de Pesca 2013.

PRODERENA 2009, Rebolledo, E., Jiménez, P. y R. Rojas. Infraestructura pesquera y estructura humana de los cantones Esmeraldas, Atacames y Muisne. Proyecto PRODERENA 15, EuropeAid. No se consideró concheros conservo datos de Clyde McKenzie Jr, 2001.

CID PUCESE 2011, Rebolledo E. y P. Jiménez. Diagnóstico del sector pesquero artesanal de los cantones Río verde, Eloy Alfaro y San Lorenzo. CTB-GPE-CID PUCESE.

Las pesquerías artesanales desarrolladas en la provincia responden a sus condiciones oceanográficas (Fig. 1); es así como las costas del centro sur de la provincia, próximas al talud oceánico en cuyos parajes ocurre la explotación de grandes peces, se han especializado en pesca artesanal de altura, empleando espineles y “trasmallos” ; mientras que en el norte de la provincia, distante del talud oceánico; se realizan principalmente pesquerías costeras de recursos pelágicos y demersales, destacando la explotación de crustáceos.

No se publican estadísticas de volúmenes de captura artesanal para la provincia, aunque existen caletas donde se levanta información por parte de funcionarios públicos. No obstante, se han realizado extrapolaciones de productividad pesquera considerando datos promedios de unidades productivas (embarcaciones) de las principales pesquerías desarrolladas en la provincia, como la conservadora estimación de productividad realizada por el equipo PRODERENA15, como se observa en la tabla 3.

Tabla 3. Estimación de productividad pesquera de la provincia de Esmeraldas del año 2008.

Tipo de Embarcación/ Pesquería	Centro Sur		Norte	
	Unidades Productivas (embarcaciones)	Producción estimada (Ton)	Unidades Productivas (embarcaciones)	Producción estimada (Ton)
Fibras	1547	15300-19650	369	5537
Botes de Madera	397	2500	1392	8358
Bongos	1036	437	1175	1175
		3520		
Concha*		28.6		106.4
Subtotales		23960.6		15176.4
Total, Provincia				39137

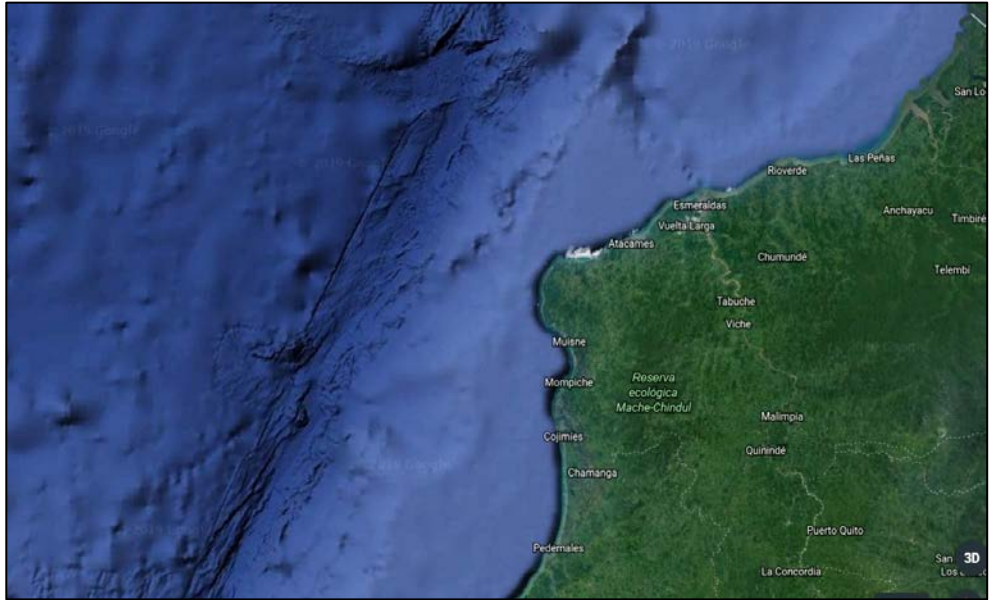
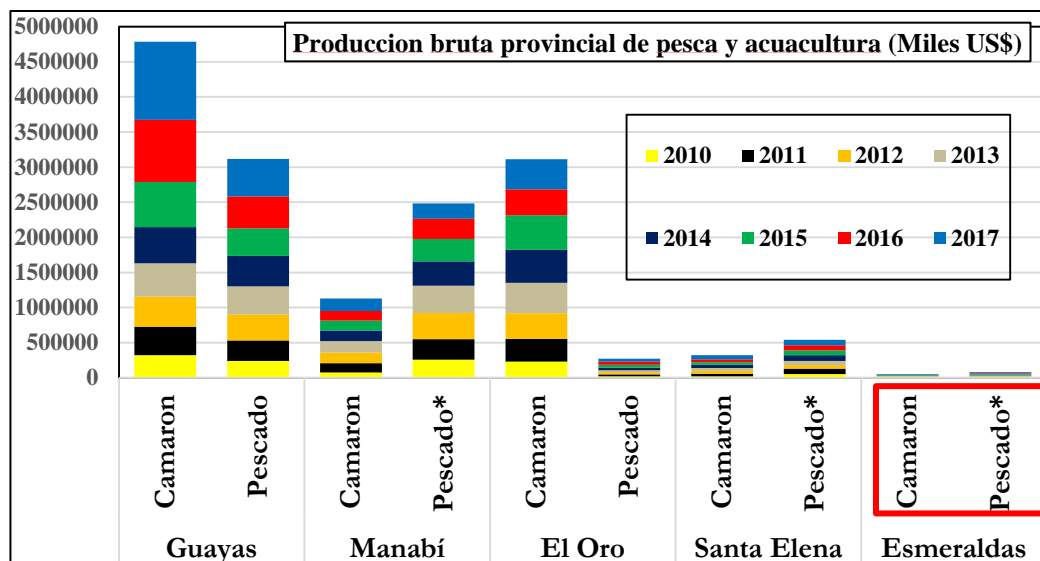


Figura 1. Talud continental frente a las costas de la Provincia de Esmeraldas- Ecuador.

En la tabla 3 se observa que el centro sur de la provincia resultaría más productivo en términos de biomasa explotada y en la misma se resalta la mayor contribución que tiene la pesquería artesanal de altura o los grandes peces en el contexto provincial, esta pesquería predomina desde Rocafuerte hasta Muisne y se desarrolla a bordo de embarcaciones que operan individualmente, no se utilizan “nodrizas” como en Manabí.

Aunque los datos extrapolados en el año 2008 muestran una adecuada productividad pesquera, al indagar sobre la importancia que tiene la participación del sector pesquero en el contexto económico nacional se desnuda la realidad de que Esmeraldas es la provincia menos competitiva en la costa ecuatoriana, situación que se observa en las figuras 2 y 3, así como en las tablas 4 y 5, donde aparecen los montos de cuentas provinciales comunicados por el Banco Central de Ecuador en el periodo 2010-2017.



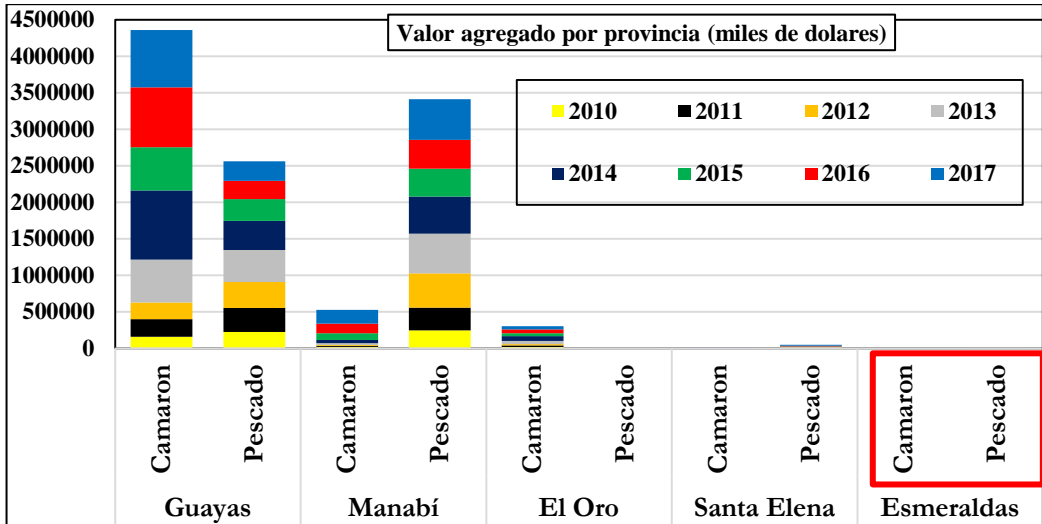
Fecha	Guayas		Manabí		El Oro		Santa Elena		Esmeraldas		Total, País	
	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado*	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado*	Camarón	Pescado*	Camarón	Pescado
2010	322935	237726	77300	260099	231558	20387	23228	55201	5274	6477	660294	618220
2011	402741	295499	129563	290521	324422	29767	36383	73759	6354	7279	899463	727080
2012	431714	366617	151042	371708	362196	32247	39137	49893	7494	9327	991583	851021
2013	472729	400589	166323	389063	436021	26892	42564	61620	7102	10145	1125131	911847
2014	517680	433760	147604	348799	468835	36233	43444	81878	5092	10650	1379134	929109
2015	643062	393757	142477	316858	492720	40257	38379	70003	6069	13168	1322986	857424
2016	881935	457804	135031	288315	368519	44133	41695	71783	7032	11600	1434815	898057
2017	1112221	530351	178289	218360	430367	40836	55564	75077	9489	11621	1786327	900031

Figura 2, Tabla 4. Productividad bruta provincial de pesca y acuicultura en el periodo 2010-2017.

Fuente: Tomado de Cuentas provinciales Banco Central del Ecuador www.bce.fin.ec

Al observar la fig. 2 y tabla 4 se observa que la producción bruta de pescado supera los US\$ 3'000.000.000 dólares en los últimos 8 años en la provincia de El Guayas, seguida de Manabí que se aproxima a los US\$ 2'500.000.000, Santa Elena que se aproxima a los US\$500000.000; El Oro con 250'000.000 y finalmente la provincia de Esmeraldas que no supera los US\$100'000.000 en el mismo periodo. Esmeraldas genera menos de 30 veces la producción registrada en la provincia de El Guayas.

Al observar los datos de valores brutos de camarón, el patrón es similar: Guayas supera los US\$4.500'000.000, El Oro supera los US\$3.000'000.000; Manabí supera los US\$1.000'000.000, Santa Elena supera los US\$200'000.000 mientras que Esmeraldas no alcanza a superar los US\$100'000.000.



Fecha	Guayas		Manabí		El Oro		Santa Elena		Esmeraldas		Total País	
	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado	Camarón	Pescado
2010	157992	223405	14432	244408	17478	78	0	1135	0	39	189903	469791
2011	238809	327516	14831	312791	22675	129	0	3796	0	28	276314	644988
2012	229802	357512	11137	466814	17288	150	0	5130	0	20	258227	830175
2013	585201	437259	29029	543682	43917	136	882	5108	3	27	659032	986906
2014	949872	398361	44229	511392	63775	116	1228	5365	5	23	1059109	915778
2015	589589	297244	90907	379335	39325	0	1181	4794	0	0	721003	681373
2016	822598	252014	131416	397063	51821	0	2146	9234	0	0	1007981	658311
2017	785490	268162	187323	556630	45197	1133	2036	13115	0	0	1020045	839040

Figura 3, Tabla 5. Valor agregado a la producción pesquera por provincia periodo 2010-2017.

Fuente: Tomado de Cuentas provinciales Banco central del Ecuador www.bce.fin.ec

Las diferencias se agudizan más aun cuando se analizan los datos de valor agregado de pescados y camarones en el mismo periodo; el procesamiento de pescado se da mayoritariamente en la provincia de Manabí que supera los US\$3.400'000.000 seguido de Guayas que se aproxima a los US\$3.200'000.000; luego aparece Santa Elena que se aproxima a US\$50'000.000, El Oro con US\$1'500.000 y finalmente en Esmeraldas, se habrían generado

US\$ 137.000 en agregación de valores a pescados y tan solo US\$8.000 en valores agregados a camarones en el mismo periodo.

Evidentemente estos datos no se ajustan a la realidad de la provincia, sino a su realidad comercial de exportar prácticamente todo el volumen extraído sin agregar valores hacia otras provincias y a la enquistada manera de hacer negocios informales. Esmeraldas es una cantera de productos pesqueros que son transportados a Guayas y Manabí, donde son exportados y donde generan réditos y tributos para el desarrollo de aquellas jurisdicciones, siendo mínimo el desarrollo que se genera en la provincia.

El costo de oportunidad que la provincia no aprovecha es elevado, pues cuenta con elementos favorables para realizar exportaciones al tener un Aeropuerto internacional y un Puerto comercial multipropósito. El hecho de que no exista mayor movimiento económico relacionado con la actividad pesquera de Esmeraldas, refleja que la provincia carece de organización y el procesamiento pesquero industrial se sustenta de un sistema de estadística pesquera que permita observar la evolución de recursos explotados.

Para que Esmeraldas pueda industrializar el procesamiento de recursos pesqueros, se requieren múltiples intervenciones para gestionar los recursos pesqueros, así como principalmente inversiones que dinamicen el procesamiento, que incrementen las plazas de trabajo y eleven los precios de recursos, con mayores beneficios a la población, sin comprometer el aumento de la presión sobre los recursos.

La situación recién descrita no se dará fácilmente; al sector pesquero exportador del Ecuador ha tomado más de 50 años de trabajo, para desarrollar los procesos que le permitieron llegar a exportar y posicionar al Ecuador dentro de las 25 potencias pesqueras del mundo (FAO, 2018); estos procesos estuvieron vinculados principalmente al desarrollo de grandes empresas privadas y sigue siendo un sector creciente que puede desarrollarse más en provincias que poseen mayor infraestructura de servicios en tierra.

Por ende, la provincia de Esmeraldas necesita de otro tipo de intervenciones públicas para atender al subsector pesquero artesanal, habiéndose creado políticas públicas que buscan el desarrollo de colectivos pesqueros artesanales a la vez que se manejan adecuadamente los recursos explotados y se conservan ecosistemas de importancia ecológica.

LAS ÁREAS DE MANEJO Y EL ACUERDO 129

Una estrategia utilizada en varios países para lograr empoderar a colectivos pesqueros artesanales en el manejo de recursos pesqueros, la conservación de hábitats y el desarrollo de intervenciones para mejorar réditos económicos, es otorgar el dominio temporal de espacios o sectores costeros, así como los recursos que estos albergan a comunidades de pescadores, esta es

una categoría dentro de las áreas marinas protegidas AMP que son denominadas generalmente como “Áreas de Manejo Pesquero” o “Concesiones de Manejo Pesquero”.

Este concepto se viene cuestionando en el Ecuador desde la década de los 90 y a diferencia de otros países, estas concesiones se han restringido exclusivamente a espacios con manglares. Para el año 2000, Esmeraldas poseía 6.919.87 ha. concesionadas que representaban el 63,4% de la superficie concesionada de la costa continental ecuatoriana (SGMC,2019). En el año 2004, las concesiones de la provincia fueron descontinuadas pues no lograban el control y el manejo de recursos exigidos, existiendo en aquel periodo concesiones que superaban las 1000 ha.

En los primeros años de concesionar manglares a pescadores y emprendedores turísticos el proceso no estaba bien ordenado, a pesar de que los objetivos eran claros. Sin embargo, los estudios de información de línea base eran poco rigurosos; el control y la vigilancia se restringía a la instalación de carteles y el seguimiento productivo de los colectivos responsables no fue adecuado. Esta primera “generación” de concesiones fracasó rotundamente, por lo que fue repensada.

En el año 2010, luego de evaluar la historia y los errores cometidos respecto de las concesiones de manglares, se emite el acuerdo 129, el mismo que ordena los requerimientos y procesos que deben cumplirse para solicitar la concesión de “Acuerdos de Uso sustentable y custodia de manglar a favor de comunidades ancestrales y usuarios tradicionales” o AUSCM.

Este acuerdo estipula los procedimientos a través de los cuales, los usuarios que cuenten con personería jurídica, asociaciones o cooperativas legalmente reconocidas soliciten esta figura al Subsecretario de Gestión Marina y Costera, del Ministerio del Ambiente en la ciudad de Guayaquil, el mismo que establece en su segundo artículo:

“El Uso sustentable de un área de manglar se refiere al aprovechamiento no destructivo de los recursos naturales del este ecosistema e incluye las siguientes actividades”:

- a) Pesca extractiva de peces e invertebrados,
- b) Cría, engorde o cultivo de peces, invertebrados mamíferos, reptiles u otras especies de la fauna nativa mediante prácticas que no afecten la cobertura de manglar o la dinámica de cuerpos hídricos
- c) Manejo Forestal controlado
- d) Reforestación del manglar
- e) Turismo ecológico y actividades de recreación no destructivas del manglar;
- f) Conservación y protección; y
- g) Educación e investigación científica

Estas actividades deberán realizarse de conformidad con lo dispuesto en el Libro V de la Gestión de Recursos Costeros, Título III, Capítulo I al VI del Texto Unificado de la legislación ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente artículos 22 al 57. Al revisar los artículos del 22 al 57, se observan graves incoherencias respecto del artículo 2 del acuerdo 129; en el libro V

específicamente, donde se define al ecosistema manglar como un ente exclusivamente forestal y no marino:

Artículo 23: Entiéndase como manglar, al ecosistema que incluya toda la comunidad vegetal integrada por un área nuclear y sus zonas de transición compuesta por la unión de los ambientes terrestres y marinos y por: Árboles y arbustos de diferentes familias, que poseen adaptaciones que les permiten colonizar terrenos anegados y sujetos a inundaciones de agua salada; otras especies vegetales asociadas, la fauna silvestre y los componentes abióticos. Estas especies vegetales reúnen entre otras, las siguientes características:

- a) Crecer y desarrollarse en zonas costeras, específicamente en deltas y estuarios, con la presencia predominante de los géneros: Rhizophora, Avicennia, Languncularia, Pelliciera y Conocarpus;*
- b) Tener una marcada tolerancia al agua salada y salobre,*
- c) Tener diferentes adaptaciones para ocupar sustratos inestables y para intercambiar gases en sustratos anaeróbicos; y,*
- d) Estar ubicadas dentro de los límites de las más altas mareas, más la zona de transición*

Aquí lamentablemente el haber confundido el concepto de Bioma, con los conceptos de hábitat y de ecosistema, genera una serie de complicaciones posteriores al entender al manglar como una formación estrictamente vegetal emergida de la marea alta; veamos otras definiciones de manglares:

Los manglares son hábitats predominantemente intermareales que se establecen en los trópicos y subtropicos de todo el mundo a lo largo de las costas protegidas y de aguas someras. Las raíces de apoyo y los neumatóforos de los árboles de mangle, se extienden hacia las zonas intermareales y submareales donde se genera un ambiente característico: con sustratos duros en un ambiente de sedimento suave (Ellison y Farnsworth, 1992).

Los manglares dominan la zona intermareal de las costas protegidas (fangosas) de los océanos tropicales, subtropicales y templados cálidos. La palabra 'manglar' se usa para referirse tanto a un tipo de vegetación específico como al hábitat único (también llamado bosque de mareas, pantano, humedal) en el que existe (Tomlinson, 1986, Saenger, 2003, Duke *et al.* 2007, Spalding *et al.* 2010).

Los manglares son ecosistemas extraordinarios, ubicados en la interfaz de la tierra y el mar. Estos ofrecen una gran variedad de bienes y servicios ecosistémicos; proporcionan una amplia diversidad de productos forestales, son viveros para especies acuáticas y son zonas de pesca, contribuyen al secuestro de carbono y constituyen defensas costeras naturales cruciales que mitigan el impacto de la erosión y la acción de tormentas (Van Lavieren *et al.* 2012).

Al interpretar a los manglares como una formación vegetal, se limitan los usos que potencialmente podrían tener una AUSCM, pues en un bosque de manglar las siguientes actividades quedan restringidas exclusivamente al manejo de recursos de extracción peatonal:

- a) *Pesca extractiva de Peces e invertebrados*: No se puede pescar peces en un bosque de manglar, pero sí se pueden recolectar ciertos invertebrados marinos como conchas del género *Anadara*, otros bivalvos y caracoles además de cangrejos azules *Cardisoma crasum* y barreños *Ucides occidentalis*.
- b) *Cría, engorde o cultivo de peces, invertebrados, mamíferos, reptiles u otras especies de la fauna nativa mediante prácticas que no afecten la cobertura de manglar o la dinámica de cuerpos hídricos*: la mayoría de sistemas de cultivos marinos requieren del uso de la columna de agua, si bien algunos cultivos se pueden realizar en sistemas intermareales, no se pueden cultivar peces en un bosque de manglar, se puede manejar algunos invertebrados marinos que constituye una actividad de acuicultura.

El limitar la potencialidad de pesca y acuicultura en la columna de agua asociada a manglares compromete el desarrollo económico de comunidades dependientes, pues la extracción de conchas y el trampeo de cangrejos genera menos ingresos que las pesquerías desarrolladas a bordo de embarcaciones menores en cuerpos de agua colindantes a bosques de manglares; en las tablas 5 y 6 se observan datos de pesquerías de conchas y de pesquerías desarrolladas a bordo de embarcaciones menores registradas dentro de REMACAN entre abril y mayo de 2019 y que corresponde a la fase de transición entre el período de invierno y verano de la costa ecuatoriana.

Tabla 5. Variables asociadas a la pesquería de conchas en REMACAN.

Localidad	Conchas/faena diaria	Utilidad US\$/día	Tiempo de trabajo (horas)
Campanita	231	15,99	3,79
Canchimalero	195	10,87	4,73
El Viento	162	9,46	5,71
La Barca	260	8,52	4
Palma Real	225	10,08	3,76
Pampanal	190	10,95	4,72
San Antonio	260	12,4	7,5
Santa Rosa	138	8,48	4,45
Tambillo	165	12,27	4,35
Media	203	11,00	4,77

Tabla 6. Variables asociadas a pesquerías desarrolladas a bordo de embarcaciones menores en REMACAN (promedios).

Arte empleado	n	Biomasa lbs/salida de pesca	Tiempo trabajo medio (horas)	CPUE (lb/hora pesca)	Utilidad media US\$/salida de pesca
Anzuelos 13 y 14	6	64	5,58	11,75	47
Changa	41	92	4,38	23,29	85
Espinel anzuelo 10	3	60	4	24,45	35
Espinel anzuelo 8	6	81	7,58	10,81	42
Malla 4,5"	2	140	4	41,66	136
Malla 2,5"	80	48	3,78	13,98	37
Malla 3,5"	101	72	5,15	16,36	46
Malla 4,5"***	13	209	4,07	68,07	202
Malla hilo 2" 1/8	63	17	6,38	2,66	22
Tape, red caletera	1	60	6	10	0

*** En un sector muy productivo con control de acceso a pescadores foráneos.

La utilidad media que produce una salida de concheo diario y la utilidad de salidas pesqueras a bordo de embarcaciones muestra que el rendimiento de trabajo de un concher@ sería similar a una faena de pesca con redes de hilo de 2" 1/8. La pesquería de embarcaciones mostró la menor utilidad dentro de las pesquerías de embarcaciones monitorizadas. Las pesquerías con redes de 4,5", registraron utilidades que superaron los US\$200 por salida de pesca.

A pesar de la potencialidad de mayores ingresos de pesquerías desarrolladas a bordo de embarcaciones, se debe tener presente que los recursos objetivos de pesquerías a bordo de embarcaciones son estacionales, mientras que la recolección de conchas es continua; presentando variaciones en función de la rotación de sitios explotados donde la densidad de ejemplares que posea un sector y la intensidad de explotación que reciba el mismo definen la disponibilidad de recursos, por ende también se los debe dejar descansar.

Esta característica de las conchas facilita su manejo sectorial, las AUSCM otorgan derecho de explotación exclusiva a los miembros de las asociaciones que obtuvieron la concesión, permitiéndoles desarrollar estrategias de manejo más simples que el establecido para el manejo de cuerpos de agua adyacentes; sin embargo, la apuesta de gestionar recursos pesqueros en inmediaciones de bosques de manglares de cada AUSCM se realizara correctamente, permitiría un escalamiento de ingresos.

La recolección de conchas generara un menor ingreso, pero este sería continuo, los concher@s pueden trabajar regularmente 22 días mensuales, mientras que los pescadores en embarcaciones difícilmente puedan realizar el mismo número de salidas. Si el objetivo que se persigue es el manejo adecuado de recursos del ecosistema manglar, la conservación del hábitat y el desarrollo económico de colectivos pesqueros, se debe integrar el manejo de cuerpos de agua vinculados a los bosques de manglares de cada AUSCM.

Ahora bien, el obtener una AUSCM requiere del trabajo organizado del colectivo que lo solicita y del apoyo de agentes externos al territorio; revisemos el artículo 3 del acuerdo 129:

“Prevía concesión de los acuerdos de uso sustentable de manglar, la Subsecretaría de Gestión Marina Costera aprobará un Plan de Manejo que podrá ser elaborado por una institución pública, organización no gubernamental, consultores o profesionales del ramo, que deberá contener la siguiente información”:

- a) Línea base del estado del área solicitada
- b) Plan de aprovechamiento que indique las actividades de uso sustentable planteadas y la forma en que se asegurara la sostenibilidad del área;
- c) Plan de control y vigilancia del área;
- d) Plan de Monitoreo y evaluación de indicadores básicos.

Es evidente que los estudios y programaciones que se solicitan no resultaran sencillos para usuarios tradicionales de manglares y que esta medida genera un caldo de cultivo para consultores y profesionales que cobran por levantar estos requerimientos, sin embargo, no existe un baremo de calidad establecido más allá de la revisión de documentos generados por parte de funcionarios de la SGMC. En este sentido, sí se rechaza una solicitud de AUSCM, el que pierde no es el consultor ni la organización no gubernamental, pierde exclusivamente el colectivo que anhela poder manejar un sector de manglar exclusivo.

En este punto el no poder controlar cuerpos de agua asociados a manglares limita otro procedimiento exigido al obtener una AUSCM; analicemos cuantas medidas de control y vigilancia efectiva se pueden realizar si no se controla el acceso fluvial a los bosques de manglar en custodia.

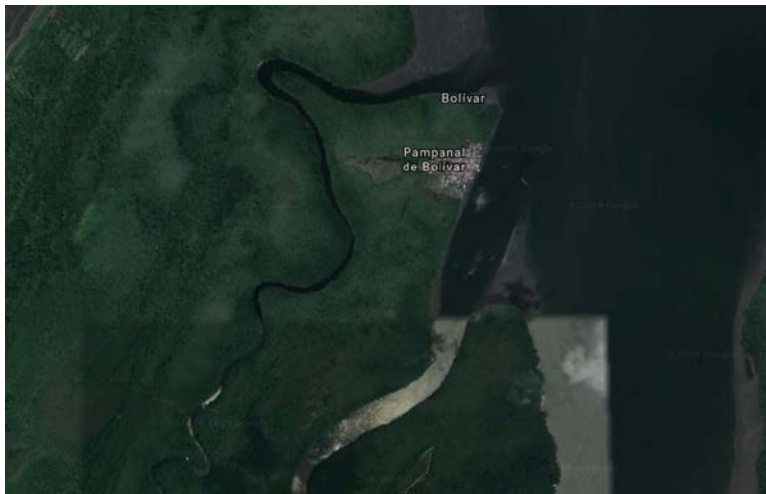


Figura 5. Ubicaciones estratégicas de control para el ingreso hacia áreas de manglares concesionados

En la fig. 5, se describe esta situación: Uno de los programas exigidos para acceder a una AUSCM es plantear acciones para el control y vigilancia del área solicitada; ¿Cómo se podría realizar un patrullaje eficiente o denegar el acceso a embarcaciones con concher@s y pescadores foráneos que vienen a explotar el área si no se pueden controlar puntos clave de ingreso de embarcaciones al área?. La instalación de letreros de advertencia y la denuncia posterior hacia autoridades resultan ineficientes, se denuncia un daño ya consumado, no se está controlando en estricto rigor el que se exploten recursos que el colectivo responsable del AUSCM busca manejar y conservar.

Una embarcación de la asociación que pesca en este sector resultaría más eficiente para el control y vigilancia, pero al estar vedado el control de cuerpos de agua, la misma ley restringe el patrullaje efectivo, inclusive el programa Socio manglar puede contribuir con embarcaciones y motores para el control y vigilancia, pero terminan empleándose en otras funciones.

Es indispensable si se desea un buen desempeño de AUSCM el que se integren cuerpos de agua adyacentes a los bosques de manglares, existen recursos promisorios en el agua que pueden ser manejados con estrategias simples como es el trampeo de jaibas verdes o jaibones *Callinectes toxotes* que pueden manejarse eficientemente con la extracción exclusiva de jaibas machos o bien ensayar participativamente cultivos en cuerpos de agua adyacentes a manglares sin perjudicar al bosque de mangles.



Figuras 4 y 5. La pesquería de jaibones *Callinectes toxotes* un recurso de fácil manejo que podría facilitarse en algunas AUSCM del norte de Esmeraldas.

Es de suma importancia el que las autoridades comprendan la realidad de los colectivos que solicitan AUSCM a los que posteriormente se les dificultaría la entrega de informes semestrales. Una cruda realidad del territorio son los elevados niveles de analfabetismo y grandes falencias de lectoescritura básica, se deben simplificar al máximo los formatos de reporte y no complicarlos con términos técnicos que pudiesen resultar confusos, a modo de ejemplo las fichas

de reporte de concheo confunden con largo y ancho las medidas a ser reportadas para los recursos *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* cuando es mucho más fácil solicitar el diámetro valvar o medida de mayor longitud en el sentido en que se quiera medir un ejemplar de bivalvos y se deberían facilitar cuadernillos de reporte producidos por los entes de control pues el sacar una copia o realizar una impresión es un trámite rutinario en el mundo urbano, no en las comunidades que viven en manglares, donde la cobertura de celular es restringida y se cuentan con escasas fotocopiadoras y computadoras, en el norte de Esmeraldas una copia cuesta US\$0.10, cualquier gasto en el que se incurra es causal de problemas al interno de asociaciones que no cuentan con recursos económicos.

Una alternativa que resultaría eficiente para levantar información y facilitar tanto el trabajo de autoridades como de asociados es el trabajo de parabiólogos, personas de la comunidad que son entrenados para realizar funciones específicas, ¿cómo sustentar su trabajo? Se debe redoblar esfuerzos del concepto de asociatividad y explorar maneras de lograr estipendios para que los parabiólogos puedan cumplir con su trabajo, la idea no es que las personas saquen dinero del bolsillo sino establecer cuotas de conchas de modo que cree un pequeño fondo asociativo (las conchas contribuidas por cada asociado se comercializan).

Las AUSCM constituyen un modelo que ha dado buenos resultados en otras localidades dentro del Ecuador así como en diversos países, sin embargo aunque parezca difícil y poco eficiente, se debe intentar hacer “trajes a la medida” de cada asociación pues los contextos dentro del mismo país son diferentes, a manera de ejemplo un ciento de conchas en El Oro difícilmente baja de US\$15, el mercado local es bueno y existe una demanda creciente de conchas en el mercado peruano una vez que las conchas negras integran ya los ceviches peruanos en el norte de Esmeraldas un ciento de conchas se paga entre US\$8 y 10 y los mercados están a mayor distancia. No se puede generalizar el manejo de un recurso ante estas condiciones.

REFERENCIAS

- López-Angarita J., Tilley, A., Díaz, J., Hawkinns, J., Cagua, F. and Roberts, C. (2018). Winners and losers in Area-Based Management of a Small-Scale in the Colombian Pacific. *Frontiers in Marine Sciences*, February 2018, Volume 5 article 23. Doi: 10.3389/fmars.2018.00023
- Duke N.C., Meynecke, J., Dittmann, S., Ellison, A., Anger, K.U., Berger, U., Cannici, S., Diele, K., Ewel, K., Field, C., Koedam, N., Lee, S., Marchand, C., Nordhaus, J. and Dahdouh-Guebas, F. (2007). A world without mangroves. *Science* 317:41-42.
- Ellison A.M. and Farnsworth, E.J. (1992). The ecology of Belizean mangrove-root fouling communities: patterns of epibiont distribution and abundance, and effects on root growth. *Hidrobiología* 247: 87–98.

FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018.

Herrera M., Saa, I., Ferreyros, S., Coello D. and Solis-Coello, P. (2017). Peces del perfil costero ecuatoriano: Primera Milla Náutica. Instituto Nacional de Pesca INP.

Hutchison J., Spalding, M., and Zu-Ermgassen, P. (2014). The Role of Mangroves in Fisheries Enhancement. The Nature Conservancy and Wetlands International. 54 pages

Rebolledo-Monsalve E., Velazco-Vargas J. y José A. (2017). Criterios en la elección del material para redes camaroneras en el Estuario Cojimies. II Jornadas de Acuicultura, pesquería y Ambiente, 8-10 noviembre 2017. Universidad Técnica de Manabí UTM, Bahía de Caráquez.

Saenger P. (2003). Mangrove ecology, silviculture and conservation. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Spalding M., Kainuma, M. and Collins, L. (2010). World atlas of mangroves. ITTO, ISME, FAO, UNEP-WCMC, UNESCO-MAB and UNU-INWEH. Earthscan Publishers Ltda. London.

Subsecretaria de Gestión Marina Costera (2019). Base de datos de AUSCM.

Tomlinson P.B. (1986). The botany of mangroves. Cambridge University Press, NY.

Los bancos genéticos y su papel en la conservación, gestión y trazabilidad de la biodiversidad marina en Iberoamérica: caso península de Santa Elena, Ecuador

Nieves González-Henríquez

Investigadora Asociada. Laboratorio BioMol. Departamento de Biología. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). España. Coordinadora de Programas. ACIISI. Gobierno de Canarias. España

✉ nieves.gonzalez@ulpgc.es

INTRODUCCIÓN

Conocer la biología de las especies, incluyendo su grado de variabilidad genética, permite establecer unidades de conservación (Bancos genéticos) para una mejor gestión de las especies amenazadas, debido a que el estudio del ADN es una de las pruebas de los seres vivos más confiables, ya que evalúa la genética de la biodiversidad, variabilidad y estructura de las poblaciones, cambios y fluctuaciones migratorias y temporales. Asimismo, facilita la identificación de especies y el manejo racional y sostenible de las unidades poblacionales. Por otra parte, entre las múltiples amenazas que afectan a la biodiversidad se encuentra la pérdida de variabilidad genética.

A nivel genético la biodiversidad actual ha sido el resultado de procesos evolutivos que han tenido lugar a lo largo de la historia de las especies, por lo que entre las medidas de conservación propuestas *ex situ* se encuentran los Bancos genéticos.

Con objeto de preservar el patrimonio genético y biológico de las especies silvestres y de integrar en los programas de conservación las operaciones *ex situ* e *in situ*, se está promoviendo la existencia de una red de bancos de material biológico y genético. Dicha red dará prioridad, entre otras, a la preservación de material biológico y genético procedente de taxones autóctonos de flora y fauna silvestres y en especial de las especies amenazadas endémicas.

Uno de los objetivos de los bancos genéticos es promover el desarrollo y uso de las Técnicas de Biología Molecular basadas en el análisis de DNA, para el uso a corto y largo plazo de la

información de la molécula de ADN, con la finalidad de establecer estrategias de rápida respuesta en la investigación de organismos marinos y la gestión de la biodiversidad.

Colecciones de tejidos y ADN para el estudio de la biodiversidad

Este tipo de biobancos se han formado para poder conservar muestras de tejidos y extraer moléculas orgánicas o inorgánicas concretas, ya sean proteínas o ácidos nucleicos (ADN o ARN) de los especímenes que son conservados por instituciones dedicadas al estudio de la biodiversidad, en ellos además se custodian también los extractos o genomas que forman un patrimonio genético único que está demostrando ser muy útil para estudios de tendencias temporales y una herramienta imprescindible en ecología, evolución, taxonomía y sistemática. Los bancos genéticos están enfocados a la identificación molecular y el análisis de la diversidad genética de las especies. Además, servirán para monitorear los cambios genéticos que se pueden producir por el calentamiento global, la acidificación y/o determinar cuáles recursos se encuentran sobreexplotados, constituyendo una plataforma para evaluar los recursos marinos con mayor plusvalía de una región.

Los bancos genéticos tienen dos partes diferenciadas: una de almacenamiento físico para las muestras biológicas y el ADN extraído, y otra digital donde se codifica la información contenida en las muestras (perfil genético).

Biología molecular y diversidad genética

La diversidad entre organismos es consecuencia de las diferencias en las secuencias de ADN y de los efectos ambientales. Cada individuo de una especie, posee una secuencia de ADN única, y las variaciones en el ADN son mutaciones resultantes de la sustitución de un solo nucleótido, inserción o delección de fragmentos de ADN o duplicación o inversión de fragmentos de ADN. La preservación de la diversidad genética es un factor esencial en el diseño de las estrategias de conservación marina.

La información sobre la diversidad genética es esencial para optimizar tanto las estrategias de conservación de los recursos genéticos como la de utilización de los mismos. Dado que los recursos para la conservación son limitados, suele ser necesaria una priorización. Las nuevas herramientas moleculares permitirán la identificación de genes implicados en un conjunto de caracteres, incluyendo los caracteres adaptativos, así como los polimorfismos que causan la variación genética funcional.

Sin embargo, aún no disponemos de conocimientos suficientes para priorizar las decisiones de conservación sobre la base de la diversidad molecular funcional, y se requieren medidas

alternativas. El modo más rápido y rentable de medir la diversidad genética es mediante el análisis de polimorfismos utilizando marcadores genéticos moleculares anónimos.

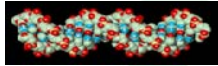
Las técnicas de biología molecular son diversas y utilizables en diferentes organismos, escalas evolutivas, áreas de investigación y estudios aplicados. Cabe destacar que, las especies exóticas invasoras son una de las cinco causas principales de la pérdida de biodiversidad, junto con la destrucción del hábitat, la sobreexplotación, la contaminación y el cambio climático.

BIOLOGÍA MOLECULAR Y DIVERSIDAD GENÉTICA

Las técnicas de biología molecular son diversas y utilizables en diferentes organismos, escalas evolutivas, áreas de investigación y estudios aplicados.

¿Por qué utilizar las técnicas moleculares?

- Altamente fiables
- Rápidas
- Muy flexibles
- Cada día más asequibles económicamente

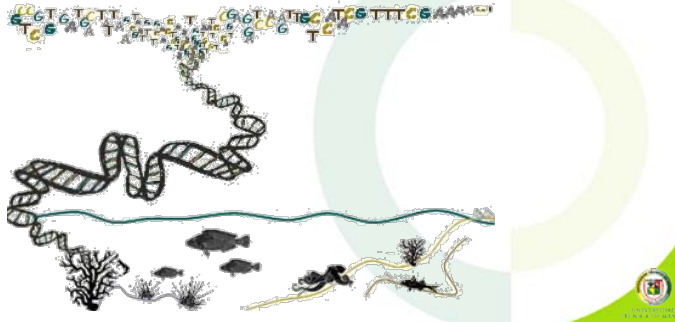


La preservación de la diversidad genética es un factor esencial en el diseño de las estrategias de conservación marina.

BIOLOGÍA MOLECULAR Y DIVERSIDAD GENÉTICA

❖ Aumento en todo el mundo de los estudios que tratan sobre la variabilidad genética de los organismos marinos → Globalización y especies invasoras.

❖ Bases de datos internacionales de datos genéticos en línea son una oportunidad para hacer meta-análisis → Estudios metapoblacionales de especies de interés.



Figuras 1 y 2. Técnicas moleculares y diversidad genética.

Perspectivas y aplicabilidad

Aplicación de técnicas moleculares en la Conservación y Gestión de la Biodiversidad. La identificación de especies mediante la sistemática molecular es importante y abarca una amplia gama de perspectivas:

- ❖ la rápida asignación de ejemplares a la especie correcta cuando los rasgos morfológicos no son suficientes.
- ❖ la identificación de posibles especies similares en apariencia y diferenciadas a nivel genético.
- ❖ la complementariedad a la taxonomía clásica en la elaboración de inventarios y censos de biodiversidad.
- ❖ la aplicación de estos datos a las estrategias de conservación y manejo de especies.

Mediante el análisis comparativo de secuencias de ADN:

- ❖ Estudios de biología de las especies.
- ❖ Caracterización taxonómica de las especies.
- ❖ Caracterización genética de especies cultivadas.
- ❖ Estimación de tallas y origen geográfico de las capturas u organismos.
- ❖ Construcción de filogenias moleculares con las que evaluar las relaciones entre los organismos, seleccionar unidades y prioridades de conservación.
- ❖ Conseguir cierto poder de predicción respecto de los cambios que están afectando negativamente a la biodiversidad (especies invasoras, pérdida de variabilidad genética, etc.).

Aplicación de técnicas moleculares para el Control alimentario y Autenticación de productos:

- ❖ Desarrollo de metodologías para la identificación y cuantificación de especies como herramienta para la verificación del cumplimiento de la legislación (Directiva 2000/13/EC relativa a la autenticación de productos pesqueros. Etiquetado y trazabilidad).
- ❖ Detección y análisis de organismos modificados genéticamente (GMO) (Etiquetado de alimentos GMO según la legislación europea y detección de peces transgénicos en poblaciones naturales).

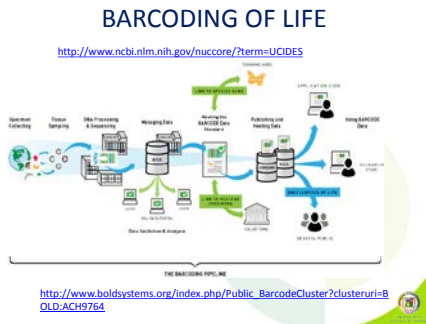
Bancos genéticos y biodiversidad

La creación de bancos de ADN de poblaciones naturales de organismos, es una forma directa y efectiva de conservar la biodiversidad al conservar la molécula transmisora de información hereditaria.

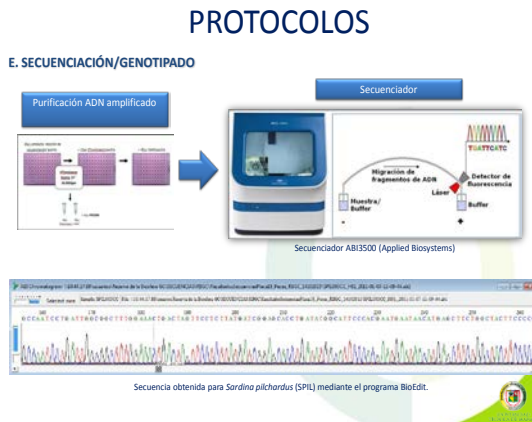
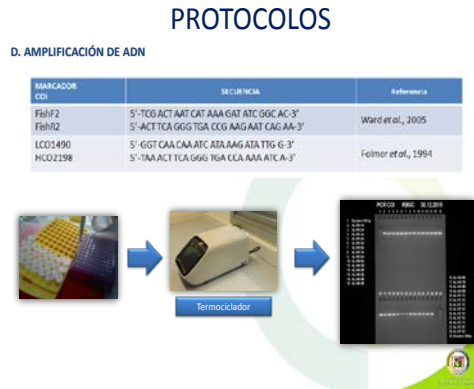
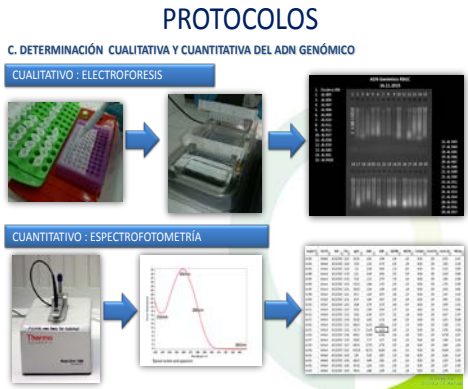
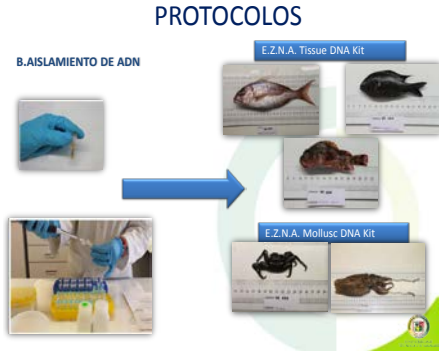
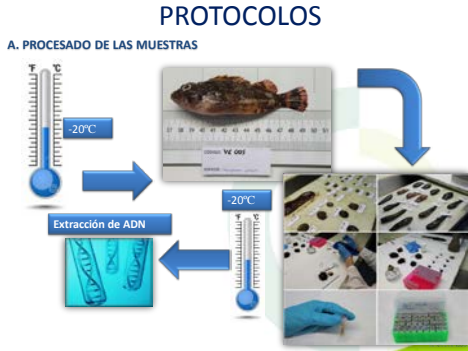
Estos bancos facilitan el acceso directo a la secuencia de ADN de los organismos amenazados y permiten el uso a corto y largo plazo de la información que contiene para las estrategias de investigación y gestión de la biodiversidad.

Generan y almacenan información molecular relevante para la identificación, investigación y manejo de organismos marinos. (Figs. 3 y 4).

Se facilita la identificación de forma rápida e inequívoca en el tráfico de organismos endémicos o amenazados y la detección del fraude en la composición biológica de los productos comerciales.



Figuras 3 y 4. Barcoding of Life



Figuras 5,6,7,8 y 9. Protocolos para la conformación de un banco genético marino.

Los Bancos Genéticos pretenden, a largo plazo, consolidarse como un inventario actualizado y censo genético de la biodiversidad marina de las áreas, regiones o países, con aplicaciones diversas para su preservación:

- ▶ Servir como un código de barras local de la iniciativa global del Barcode of Life, que mejorará las deficiencias detectadas en los inventarios de biodiversidad de las zonas geográficas mediante la generación de datos e identificación de especies.
- ▶ Estudiar la variación (filo) geográfica local de las especies de interés comercial o las de prioridad en conservación. (Figs. 5-9).
- ▶ Detectar la relevancia de la diversidad filogenética de las especies marinas residentes en un área respecto a las otras regiones marinas del planeta.

Biodiversidad marina Ecuador

En Ecuador, la biodiversidad marina es una asignatura pendiente en cuanto que no están muy estudiados los ecosistemas marinos y sus recursos. Los datos existentes son escasos y los inventarios existentes no están actualizados. Sin embargo, el Gobierno ha desarrollado proyectos en las últimas décadas y leyes para la conservación de la Biodiversidad y los ecosistemas marinos por ejemplo:

PROYECTO: “CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD MARINA Y COSTERA DE ECUADOR”. 2010, cuyo objetivo es conservar de la biodiversidad marina y costera del Ecuador mediante el establecimiento de una red de Áreas Protegidas que tenga una adecuada representación de los ecosistemas marino- costeros y fortalecer el manejo de áreas marinas y costeras protegidas en conjunto con acciones focalizadas en la protección de especies marinas amenazadas.

RED DE AREAS MARINAS Y COSTERAS PROTEGIDAS DEL ECUADOR. Que se crea mediante Acuerdo Ministerial 30, Registro Oficial 77 de 12-sep.-2017 y tiene entre los propósitos fundamentales:

Conservar la biodiversidad del Sistema Nacional de las Áreas Protegidas en la zona marino costera y generar actividades sustentables para la sociedad ecuatoriana.

Banco genético marino UPSE Santa Elena

El Proyecto Banco Genético de Organismos marinos de Santa Elena, financiado por el Programa PROMETEO de la SENECYT (Gobierno de Ecuador), se desarrolló en 2015 en la Universidad Pública de Santa Elena (UPSE) y, que pretende impulsar la aplicación de las

tecnologías moleculares para hacer frente y ayudar en la conservación, aprovechamiento y gestión de la biodiversidad marina de esa zona costera de Ecuador.

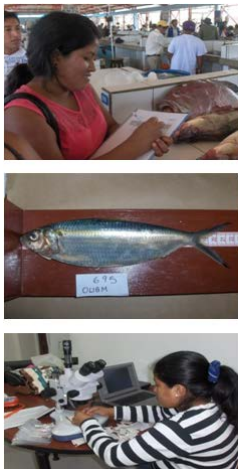
Con ello, se pretende realizar el inventario genético de los recursos pesqueros (peces, moluscos y crustáceos) de la provincia de Santa Elena mediante la obtención del código genético (COI) implementando el Barcoding de la Biodiversidad Marina.



Figura 10. Proyecto Banco Genético de Organismos marinos de Santa Elena. PROMETEO

Las actividades que se desarrollaron durante el proyecto fueron:

- ❖ Recolecta de muestras en los mercados de pescado y en las caletas de pescadores.
- ❖ Codificación de muestras, tarros y microtubos.
- ❖ Colecciones de tejidos y ADN para mapeo genético de la biodiversidad.



PLANILLA DE MUESTREO

Nº HOJA DE MUESTREO:						
Nº MUESTRA	Organismo recolectado (Nombre científico/Común)	Fecha de recolección	Recolector	Localización	Latitud	Longitud
SEL 1-1	Camarón	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	Puerto Santa Elena	SEL 1-1
SEL 1-2	Tiburón	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	Puerto Santa Elena	SEL 1-2
SEL 1-3	Bonito Katsuwonus o Serola	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	Puerto Santa Elena	SEL 1-3
SEL 1-4	Bonito Jure Malin (Jure Malin) (Jure Malin)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	Puerto Santa Elena	SEL 1-4
SEL 1-5	Lata Albuja ocapa (Albuja ocapa)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-5
SEL 1-6	Santa Scomberomorus sp.	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-6
SEL 1-7	Picuda Spicara spp	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-7
SEL 1-8	Mullita Chirocentrus sp.	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-8
SEL 1-9	Carpa (carpa) (Carpa) (Carpa)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-9
SEL 1-10	Pangasio Trachurus spp	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-10
SEL 1-11	Donato (Donato) (Donato)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	Puerto Santa Elena	SEL 1-11
SEL 1-12	Palma Colinus (Palma Colinus)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-12
SEL 1-13	Tonno (Tonno) (Tonno)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-13
SEL 1-14	Chavira (Chavira) (Chavira)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-14
SEL 1-15	Bonaparte (Bonaparte) (Bonaparte)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-15
SEL 1-16	Huesape Seneca (Huesape Seneca)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-16
SEL 1-17	Gallinazo (Gallinazo) (Gallinazo)	25/06/15	Grupo #1	MERCADO	La Galena	SEL 1-17



Figura 11. Recolecta de muestras en los mercados de pescado.

The image shows a screenshot of a spreadsheet application, possibly Microsoft Excel, with a grid of data. The columns are densely packed with text, likely representing various attributes of samples such as location, date, and collection method. A prominent vertical column in the center is highlighted in yellow, possibly indicating a key identifier or a specific data field. The overall layout is that of a detailed data management table.

Figura 12. Codificación de muestras.



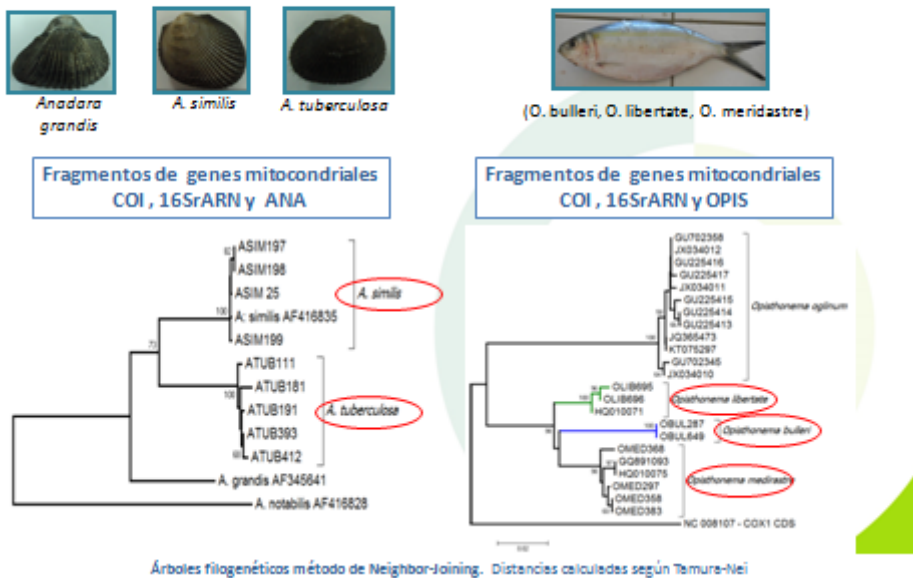
Figura 13. Colecciones de tejidos.

Aplicaciones: 5 Tesis Licenciatura alumnos UPSE

- ❖ Filogeografía de la “Ostra Nativa” (*Striostrea prismatica* Gray, 1825) en las localidades de Ayangué y Salinas, provincia de Santa Elena, Ecuador.
- ❖ Estructura genética de las poblaciones de *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) en los manglares del Morro (Guayas) y Atacames (Esmeraldas), Ecuador.
- ❖ Diversidad genética del cangrejo azul *Cardisoma crassum*, Smith 1870, en los manglares de Esmeraldas (Cantón Eloy Alfaro), Ecuador.

- ❖ Variabilidad genética y discriminación de las especies del género *Opisthonema*, *O. bulleri* (Regan, 1904), *O. libertate* (Gunter, 1867) y *O. medirastre* (Berry & Barret, 1963), en la caleta de pesca Anconcito, Santa Elena.
- ❖ Caracterización genética de marcadores mitocondriales para el estudio de la diversidad genética de las especies del género *Anadara* Gray 1847 (*A. similis*, *A. tuberculosa*, *A. grandis*) en los manglares de Ecuador.

Caracterización genética de recursos marinos comerciales en Ecuador (*Anadara* spp. y *Opisthonema* spp.)



Figuras 14.

Caracterización por RFLPs de recursos marinos comerciales en Ecuador (*Anadara* spp. y *Opisthonema* spp.)

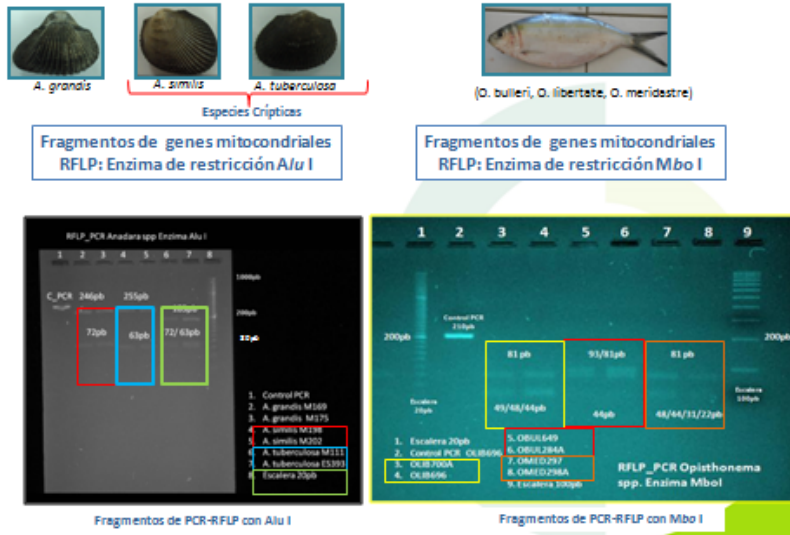


Figura 15.

Caracterización genética de recursos marinos comerciales en Ecuador (*Ucides occidentalis*)

Fragmentos de genes mitocondriales
COI, 16SrARN y UCI-COX1

PCR-RFLP, la digestión generado con los primers **UCI-COX1-1F** y **UCI-COX1-2R** con la enzima BseGI (GGATG) produce dos fragmentos de **212 y 85 pb**. Esta herramienta permite además la **identificación de ADN de *U. occidentalis*** en muestras de agua del medio natural, lo que permitirá la **detección de etapas larvarias de *U. occidentalis*** en muestras zooplánctónicas.

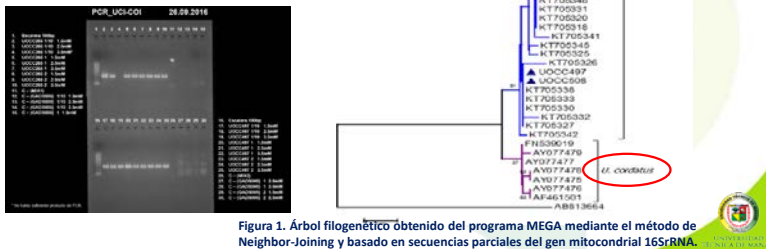
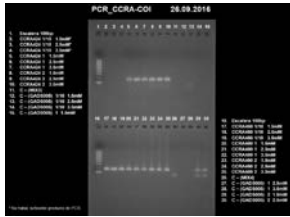


Figura 16.

Caracterización genética de recursos marinos comerciales en Ecuador (*Cardisoma crassum*)

La secuencia parcial del gen COX1 alineamiento de 658 pb siendo la **primera secuencia disponible de esta especie para este marcador fundamental (Código de barras “barcoding”)**.

La especificidad del amplicón de CCRA-COX1 para *C. crassum* se puede verificar in silico, además de por el tamaño, mediante **PCR-RFLP** mediante la digestión del producto de PCR con la enzima de restricción BseGI (GGATG) que producirá dos **fragmentos de 22pb y 145pb**.



Fragmentos de genes mitocondriales COI , 16SrARN y CCRA-COX1

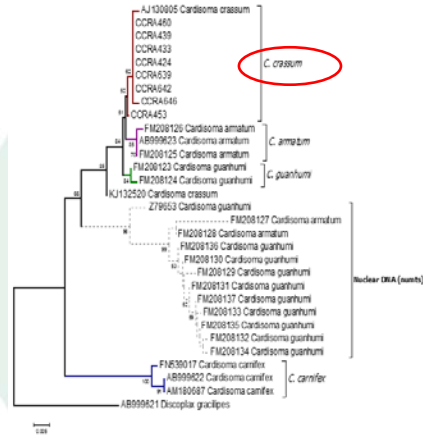


Figura 3. Árbol filogenético obtenido con el programa MEGA mediante el método de Neighbor-Joining y basado en secuencias parciales del gen mitocondrial 16SrRNA.

Figura 17.

CONCLUSIONES

Se ha implementado la herramienta de la biología molecular en la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Pública de Santa Elena (UPSE), para estudiar algunos recursos pesqueros importantes para la población de Ecuador, principalmente para el sector de pesca artesanal y las conserveras. Estos estudios deberían ser implementados en todos los recursos pesqueros para Ecuador.

Se han identificado las muestras de los recursos pesqueros estudiados, procedentes de varias zonas del país, para determinar si existía diferenciación poblacional en las especies. No existen diferencias poblacionales en los recursos estudiados, solo en el caso de *Striostrea prismática* se determinaron incongruencias entre los individuos de las diferentes poblaciones que indican la presencia de dos haplotipos.

AGRADECIMIENTOS

Programa PROMETEO (SENECYT, Gobierno de Ecuador).

Vulnerabilidad de los recursos marinos en Ecuador frente a escenarios de cambio climático

Francisco Navarrete-Mier y Patricia Castillo-Briceno

Grupo de Investigación Bioma Ecuatorial y Acidificación Oceánica - EBIOAC, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – ULEAM. Manabí, Ecuador

✉ f.navarretemier@gmail.com; pat.castillobriceno@gmail.com



Vulnerabilidad de los recursos marinos en Ecuador frente a escenarios de cambio climático

Portoviejo, agosto 2019

Francisco Navarrete - Mier
f.navarretemier@gmail.com

Patricia Castillo - Briceno
pat.castillobriceno@gmail.com



INTRODUCCIÓN

Más del 70% de la superficie del planeta Tierra está cubierta por el océano que es donde se acumula la mayor biodiversidad (DellaSala, 2018); además estas grandes masas de agua regulan y estabilizan el clima de las áreas continentales y en general de todo el planeta (Fig.1). Estas grandes extensiones de agua han sido impactadas por múltiples actividades de origen antrópico que han generado mucho interés y acciones de respuesta a nivel de la comunidad en general como sucede con la contaminación por plásticos (Fig. 2) y sus derivados (Chae and An, 2018; Caruso, 2019); sin embargo recientes análisis plantean la posibilidad de que estamos dirigiendo esfuerzos en asuntos que, en magnitud, no serían los principales problemas que enfrenta el océano (Stafford and Jones, 2019) (Fig. 3).



Figura 1. La Tierra es un océano, una gran masa de agua que regula su estabilidad

Figura 2. La contaminación por plásticos ha despertado el interés de la comunidad.

Figura 3. Posiblemente debemos enfocar esfuerzos a problemas de mayor magnitud para el planeta.

CAMBIO CLIMÁTICO COMO AMENAZA PARA LOS ECOSISTEMAS MARINOS

De las múltiples amenazas a las que está expuesto el océano, posiblemente las de mayor magnitud e impacto son la sobrepesca y el cambio climático (Fig. 4). Si comparamos las emisiones de CO₂ frente a la contaminación por plástico: Se calcula que se emite alrededor de 25 millones de toneladas de plástico al año, mientras que de CO₂ se emiten 35 mil millones de toneladas al año (Quéré *et al.* 2018) (Fig. 5). Por lo tanto, el CO₂ de origen antropogénico sería una de las mayores amenazas para la atmósfera y el océano, asociado con los procesos de calentamiento global, aumento en magnitud y frecuencia de eventos catastróficos, pérdida de la superficie de los glaciares, aumento de zonas hipóxicas en océanos, alteración de los sistemas de carbonatos y acidificación oceánica (Herzog *et al.* 1996; McAlpine *et al.* 2010) (Fig. 6).



Figura 4. Principales amenazas a las que está sometido el océano

Figura 5. Comparación entre las emisiones de plástico vs. CO₂

Figura 6. Problemas derivados del aumento de CO₂ en la atmósfera

Dentro de los problemas que genera el aumento de CO₂ en la atmósfera, uno de los principales es el proceso conocido como acidificación oceánica. Alrededor de un 30% del CO₂ acumulado en la atmósfera ingresa en el océano reaccionando con el agua marina y provocando la liberación de radicales de hidrógeno lo cual se traduce en un descenso del pH del agua

(Gattuso *and* Hansson, 2011; Castillo-Briceno *and* Navarrete-Mier, 2015) (Fig. 7). Previo a la era industrial los registros de CO₂ atmosféricos no superaban los 350 ppm, sin embargo a partir del aumento constante de las emisiones, actualmente se ha superado las 400ppm de CO₂ en la atmósfera, lo cual ha implicado una reducción significativa del pH oceánico (Cao *and* Caldeira, 2008; Keeling *and* Keeling, 2017) (Fig. 8). Desde la era pre-industrial hasta la actualidad, los niveles de pH promedio oceánicos han disminuido en 0,1, pero considerando que el pH es una escala logarítmica, este cambio significa un aumento de alrededor de un 30% en los niveles de acidez; sin embargo para fin de siglo los modelos proyectan un cambio de 0,4 unidades de pH lo cual implicaría un aumento de cerca del 170% en la acidez del océano (IPCC, 2019) (Fig. 9).

La Acidificación Oceánica es un problema global!

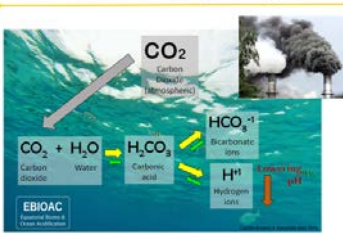


Figura 7. Reacciones químicas que provocan la disminución del pH del mar

Vulnerabilidad ante Cambio Climático

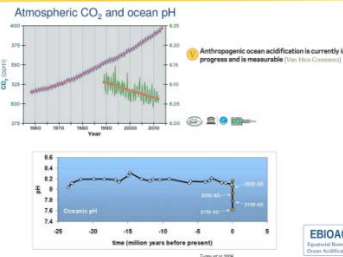


Figura 8. Niveles históricos de concentración de CO₂ atmosférico y de pH marino

IX FIRMA - 2011 Vulnerabilidad ante Cambio Climático

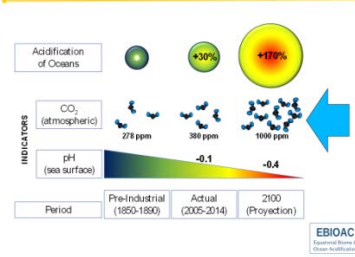


Figura 9. Estado actual y proyecciones de la acidificación oceánica a nivel global. Modificado desde Castillo-Briceno *and* Navarrete-Mier 2015)

Estos niveles proyectados de acidificación oceánica no serían los únicos componentes que pondrían en riesgo los ecosistemas, sino que se superponen con factores como el aumento de temperatura, baja de oxígeno, alteración en la productividad primaria; alterando de forma significativa múltiples ecosistemas y este impacto podría ser más intenso en regiones polares y tropicales, donde se ubica Ecuador (Mora *et al.* 2013) (Fig.10). Estas alteraciones pondrían en riesgo la biodiversidad y actividades de acuicultura y pesquerías, lo cual tendría un impacto socio-económico y socio-ecológico en las comunidades humanas asentadas en las zonas costeras (Fig. 11). Estudios puntuales sobre el impacto de la acidificación oceánica en organismos marinos han demostrado que pueden alterar el crecimiento y supervivencia de organismos calcáreos como corales, pterópodos o equinodermos (Lischka *et al.* 2011, Pandolfi *et al.* 2011, Byrne *et al.* 2013) (Fig. 12).

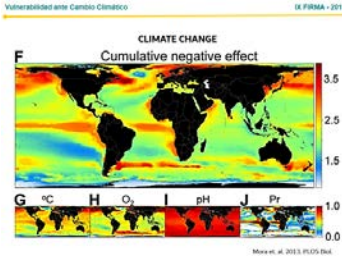


Figura 10. Mapa de zonas de riesgo por acumulación de efectos negativos relacionados al cambio climático

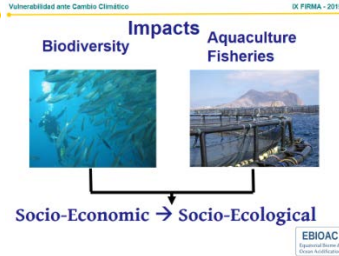


Figura 11. Esquema de impactos negativos con consecuencias a nivel socio-ecológico

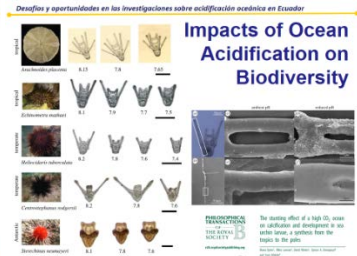


Figura 12. Gráfico de alteración del desarrollo de equinodermos bajo condiciones de acidificación oceánica

A nivel de peces, el impacto de la acidificación oceánica parece ser especie dependiente de la capacidad de homeostasis que les permitirían compensar cambios de pH ambiental. Sin embargo, se ha demostrado que peces sometidos a bajos niveles de pH, podrían sufrir alteraciones en órganos y tejidos como hígado, riñón, páncreas, entre otros; pero además disrupciones en sistemas funcionales, malformaciones e incluso incremento en las tasas de mortalidad (Frommel *et al.* 2010) (Fig. 13). Además, se indica que niveles proyectados de acidificación oceánica podrían alterar sistemas comportamentales claves, como la alteración del reconocimiento predador-presa, lateralización y procesos cognitivos en estados tempranos de desarrollo de peces (Munday *et al.* 2014, 2016, Tresguerres and Hamilton, 2017) (Fig. 14). En la Fig. 15, se presenta una tabla en la que se resume los posibles impactos de la alteración del balance de carbonatos en diversos taxones (Kroeker *et al.* 2013). Sin embargo, no todos los grupos taxonómicos sufren impactos negativos bajo escenarios de cambio climático, pero sí se desencadenaría alteraciones mayores a nivel de ecosistemas.

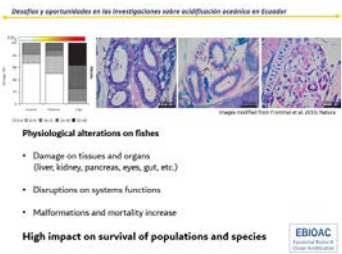


Figura 13. Microfotografías de tejidos de riñón de pez sometido a condiciones de acidificación oceánica

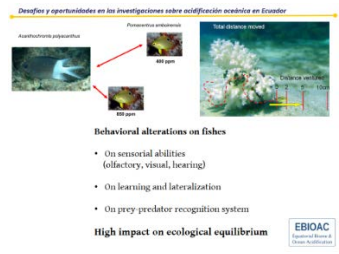


Figura 14. Posibles alteraciones comportamentales en peces bajo efectos de acidificación oceánica

Group	Multi-response
Fish	<ul style="list-style-type: none"> Early signs Adaptation Survival Reproductive success Behavioral changes Physiological stress Malformations and mortality
Invertebrates	<ul style="list-style-type: none"> Survival Reproductive success Behavioral changes Physiological stress Malformations and mortality
Plants	<ul style="list-style-type: none"> Survival Reproductive success Behavioral changes Physiological stress Malformations and mortality
Algae	<ul style="list-style-type: none"> Survival Reproductive success Behavioral changes Physiological stress Malformations and mortality
Marine invertebrates	<ul style="list-style-type: none"> Survival Reproductive success Behavioral changes Physiological stress Malformations and mortality
Terrestrial invertebrates	<ul style="list-style-type: none"> Survival Reproductive success Behavioral changes Physiological stress Malformations and mortality

Figura 15. Sumario de efectos de la acidificación oceánica en diferentes grupos taxonómicos

Para gestionar un trabajo en conjunto con las autoridades y tomadores de decisión política, es necesario transferir e interpretar esta información biológica, en función de la valoración económica de los recursos, lo que permitirá tener una idea más clara del problema a nivel socio-económico (Figs. 16 y 17). En este sentido, se ha establecido que la acidificación oceánica, estaría provocando pérdidas cercanas a los 10 mil millones de dólares en las pesquerías a nivel mundial (Hilmi *et al.* 2015). A nivel de acuicultura ya se tienen ejemplos de graves perjuicios causados por la acidificación oceánica, particularmente en el cultivo de ostras, con proyecciones de impacto en otros grupos importantes como mitílidos y decápodos (Bechmann *et al.* 2011, Barton *et al.* 2012, Dupont *et al.* 2014, Castillo *et al.* 2017). Además, existen zonas que por la confluencia de factores podrían ser susceptibles a mayores impactos, como las zonas de surgencia o “upwelling”, que de forma natural reciben aportes con aguas de bajo pH y temperatura, de ahí que las especies que habitan estas zonas podrían ser alteradas en su abundancia y/o diversidad, mientras que especies con capacidad migratoria, podrían en caso de eventos extremos, alejarse, perjudicando los sectores pesqueros, generando pérdidas económicas (Egger, M 2011, Quesne and Pinnegar, 2012) (Fig. 18).



Figura 16. Valoración económica y susceptibilidad ante cambio climático de grupos taxonómicos marinos. Modificado desde (IGBP, IOC, SCOR 2013)



Figura 17. Valoración económica de las posibles pérdidas generadas por los impactos de acidificación oceánica en pesquerías

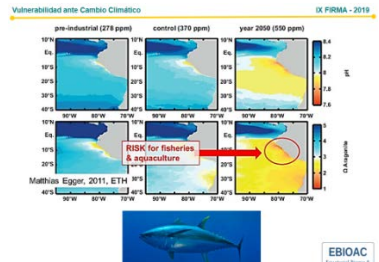


Figura 18. Proyección por zonas de cambios en el pH y porcentaje de saturación de calcita en el pacífico este sur ecuatorial.

Realizando una valoración comparativa entre los modelos que predicen las posibles pérdidas a nivel pesquero bajo escenarios de cambio climático, tenemos que según el modelo “Dynamic Size-Based Food Web” para el 2100, Ecuador podría ver disminuido su potencial pesquero cerca del 30%, mientras que Galápagos podría tener una reducción cercana al 20%. Pero el modelo “Dynamic Bioclimate Envelope Model (DBEM)” indica que Ecuador continental para fin de siglo, podría ver disminuido su potencial de capturas pesqueras en alrededor del 53% según el escenario RCP2.6 y en cerca del 80% para el escenario RCP8.5 (Barange *et al.* 2018) (Figs. 19 y 20). Además, estudios apuntan que las pesquerías podrían verse drásticamente afectadas especialmente en zonas tropicales, ya que en muchos casos las especies migrarían hacia zonas

templadas donde encontrarían mejores condiciones de temperatura, reduciendo su disponibilidad en áreas de pesquería tradicionales (Hannah, 2015) (Fig. 21).

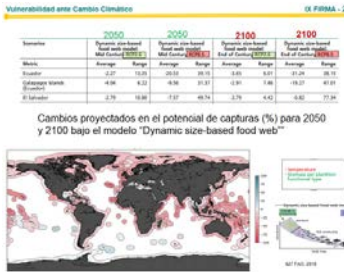


Figura 19. Proyección de capturas pesqueras para Ecuador según el modelo Dinamic Size-Based Food Web



Figura 20. Proyección de capturas pesqueras para Ecuador según el modelo Dynamic Bioclimate Envelope Model (DBEM)

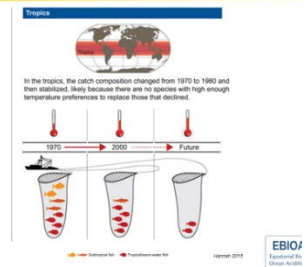


Figura 21. Especies de peces tropicales tienden a moverse hacia zonas templadas, lo cual disminuiría su disponibilidad para pesquerías en el trópico

Haciendo un análisis por especie, se puede observar que las alteraciones pronosticadas no se dan todas en la misma magnitud. La susceptibilidad depende de diversos factores como: tasas de reproducción, estado de conservación y características biológicas de cada especie. En las figuras 22 – 24, se observan las alteraciones en el porcentaje relativo de cambios en la biomasa para tres especies de atunes de alto valor pesquero-social (Barange *et al.* 2018)

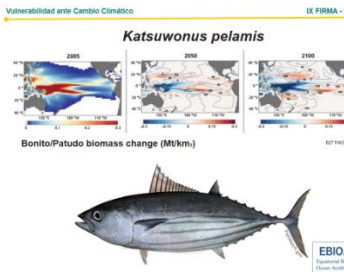


Figura 22. Promedio de distribución histórica de atún patudo (Mt/km^2) y porcentaje relativo de cambios proyectados en la biomasa bajo escenario RCP8.5

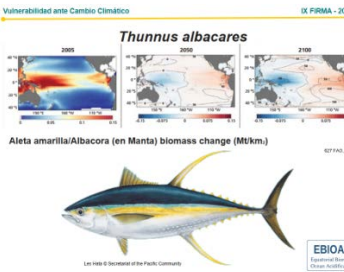


Figura 23. Promedio de distribución histórica de atún aleta amarilla (Mt/km^2) y porcentaje relativo de cambios proyectados en la biomasa bajo escenario RCP8.5

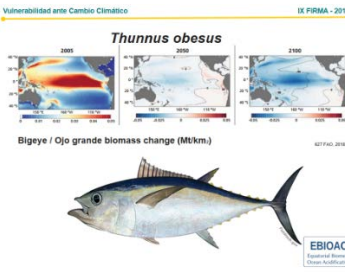


Figura 24. Promedio de distribución histórica de atún ojo grande (Mt/km^2) y porcentaje relativo de cambios proyectados en la biomasa bajo escenario RCP8.5

La vulnerabilidad de las economías dependientes de las pesquerías, varía con respecto a cada país y su capacidad para enfrentar problemáticas relacionadas al cambio climático. La gran mayoría de países del continente Americano dependen, en gran medida, de los desembarques

pesqueros; sin embargo no han desarrollado estrategias de adaptación eficiente para enfrentar problemas derivados del cambio climático, aumentando la vulnerabilidad social (Fig. 25) (Allison *et al.* 2009). Considerando que los organismos de la zona ecuatorial, no están habituados a cambios drásticos de condiciones ambientales (como ocurre en zonas de latitudes altas), se sugiere que la capacidad de adaptación sea limitada frente a escenarios de cambio climático de la magnitud estimada en las próximas décadas (Fig. 26). Debido a que el Ecuador es casi 4 veces más territorio marino que terrestre, al considerar los servicios ecosistémicos del área marina bajo jurisdicción ecuatoriana, es de suma importancia, desarrollar planes efectivos para enfrentar las implicaciones que genera el cambio climático en sectores relacionados con actividades de pesquería, acuicultura, biodiversidad y turismo (Fig. 27).

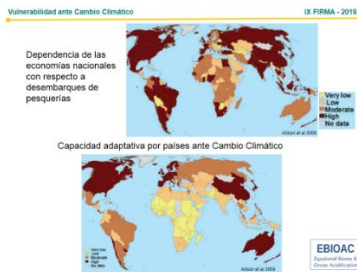


Figura 25. Vulnerabilidad de las economías (por países) ante impactos de cambio climático en pesquerías.

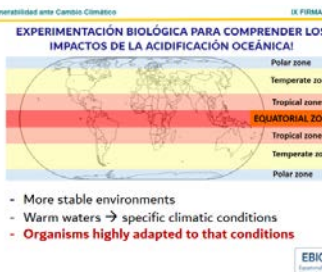


Figura 26. Debido a su estabilidad ambiental, los organismos de la zona ecuatorial podrían ser vulnerables ante cambio climático

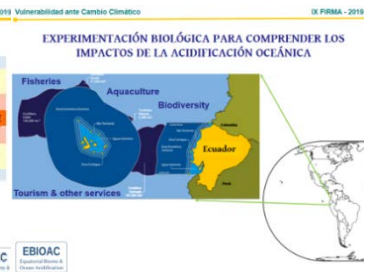


Figura 27. Comparación entre territorio terrestre y marino del Ecuador

La realidad histórica de Ecuador, es que prácticamente no existe información sobre la vulnerabilidad de los recursos marinos ante el cambio climático (Fig. 28). De ahí la necesidad urgente de realizar estudios de experimentación biológica, para predecir cuáles serían las principales amenazas del cambio climático en especies marinas nativas del país y de importancia económica y ecológica. Considerando esta situación, desde el año 2014, se estableció el grupo de investigación Bioma Ecuatorial y Acidificación Oceánica-EBIOAC (por sus siglas en inglés *Equatorial Biome and Ocean Acidification*) con el fin de desarrollar un programa de investigación sobre los impactos de la acidificación oceánica en los recursos marinos, que permitan el desarrollo de estrategias de mitigación para mantener la soberanía alimentaria del país (Fig. 29). En su fase inicial el EBIOAC se enfocó en el desarrollo y ajuste de técnicas/protocolos que permitan la valoración de los cambios fisiológicos y comportamentales de organismos bajo escenarios de acidificación oceánica (Fig. 30).

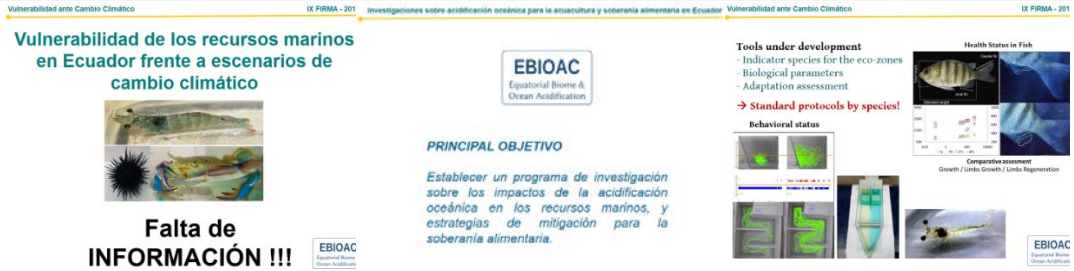


Figura 28. Situación sobre la vulnerabilidad de los recursos marinos del Ecuador ante cambio climático

Figura 29. Objetivo del EBIOAC

Figura 30. Algunas de las herramientas desarrolladas en EBIOAC para estudio de especies nativas

Actualmente el trabajo del EBIOAC está enfocado principalmente en analizar los cambios a nivel fisiológico y a nivel de comportamiento de especies marinas nativas del Ecuador bajo escenarios previsto de acidificación oceánica, poniendo énfasis en especies de importancia ecológica, así como también con especies clave para la soberanía alimentaria (Fig. 31). Para esto, se ha instalado en los laboratorios de la ULEAM en Manabí, el primer mesocosmos que permite simular condiciones de acidificación oceánica de forma muy precisa (Fig. 32). Este mesocosmos trabaja mediante la inyección de cantidades controladas de CO₂ a través de un sistema automático conectado a una válvula solenoide y regulado por la señal de una sonda de pH. La capacidad actual del EBIOAC es de 8 niveles diferentes de pH más controles, y con una precisión en tanque de ± 0,02 unidades de pH, ajustado periódicamente a pH en escala total con la solución buffer Tris para agua de mar. Asimismo, se realizan las mediciones del sistema de carbonatos con equipos de alta precisión para pH (potenciómetro a resolución 0.001 unidades de pH, Thermo Orion, y electrodo en sistema ROSS) y alcalinidad total (Titulador electrónico con bureta automática de alta precisión, Thermo Orion), con material de referencia certificado (CRM Diskson’s Lab) para la validación de las mediciones. Por otro lado, el trabajo realizado por el EBIOAC, ha permitido posicionar la importancia de los estudios sobre acidificación oceánica en diversas instancias del país, logrando que múltiples universidades, institutos públicos de investigación, ONG’s e instituciones públicas incluyan el tema en sus agendas. Destacable en esto, la generación del marco legal en fomento a las investigaciones en acidificación oceánica, especificado en los Artículos 277 y 278 del Código Orgánico del Ambiente del Ecuador, en vigor desde abril del 2018 (Fig. 33)

(<https://www.oceanactionhub.org/file/2330/download?token=od5fDfay>).



Figura 31. Algunas de las especies de importancia económica con las que trabaja el E BIOAC

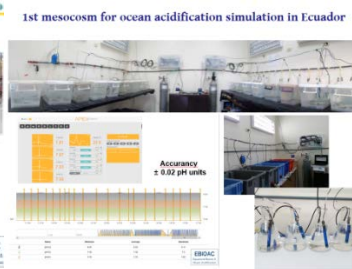


Figura 32. Facilidades para experimentación biológica en el E BIOAC



Figura 33. Artículos 277 y 278 de Código Orgánico del Ambiente que versan sobre acidificación oceánica.

Una de las líneas claves que se están desarrollando desde el E BIOAC está enfocada a uno de los productos con mayores niveles de exportación del país como lo es el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Varios estudios indican que los crustáceos podrían verse impactados negativamente bajo escenarios previstos de acidificación oceánica, pudiendo alterarse su desarrollo, crecimiento, sistema inmune, y además su apariencia y sabor en individuos de talla comercial (Dupont *et al.* 2014, Small *et al.* 2016). En el E BIOAC se han realizado ya varios estudios enfocados a entender la susceptibilidad del camarón blanco tanto en organismos de talla comercial como también en las primeras fases de desarrollo (Figs. 34, 35, 36)



Figura 34. Importancia de la producción del camarón blanco en Ecuador

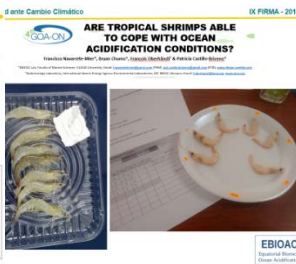


Figura 35. Estudios para valorar el impacto de la acidificación oceánica en la calidad organoléptica del camarón blanco

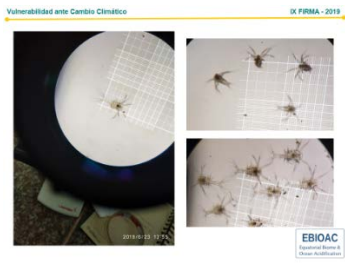


Figura 36. Estudios para evaluar el impacto de la acidificación oceánica en estados tempranos de desarrollo de camarón

Los trabajos realizados hasta la fecha han sido difundidos a nivel nacional como internacional, generándose redes de colaboración que nos han permitido participar en redes regionales y mundiales para el estudio de la acidificación oceánica (Fig. 37). Este tipo de colaboración ha sido un impulso clave para que la participación de investigadoras e investigadores en Ecuador aumente y se tenga ya una base multidisciplinaria de trabajos en desarrollo (Fig. 38). Al momento el E BIOAC continúa sus actividades de investigación y difusión hacia la comunidad que pueden ser revisados en internet en www.ebioac.weebly.com

(Fig. 39); manteniendo activo interés en desarrollar colaboraciones para avanzar en el conocimiento científico de esta problemática.



Figura 37. Participaciones del EBIOAC a nivel internacional



Figura 38. Esquema de crecimiento del interés institucional sobre acidificación oceánica en Ecuador



Figura 39. Página web del EBIOAC con la participación de estudiantes de ULEAM

CONCLUSIONES

Una de las principales vulnerabilidades de los recursos marinos del Ecuador ante cambio climático es la falta de información, que impide el diseño de estrategias de adaptación y mitigación ajustadas a las necesidades específicas del territorio nacional. Como prioridad de país, se necesita establecer sistemas de monitoreo con la precisión suficiente para obtener datos con altos niveles de confianza sobre cambio climático. Hasta el momento, hemos avanzado en tomar consciencia con múltiples instituciones públicas y privadas que han incluido el tema en sus agendas de investigación, sobre la problemática del cambio climático sobre los ecosistemas marinos y los servicios que estos proveen (por ej. impactos de la acidificación oceánica e hipoxia). El camino es largo y aún se requieren más acciones y el esfuerzo sostenido de la comunidad, para poder generar datos comparables e integrables con países vecinos, a fin de comprender los impactos del cambio climático a nivel regional, es por ello, que se requiere alta inversión y apoyo a nivel científico, aunado a una voluntad política clara y contundente, para la gestión de recursos enfocados a levantar información y a traducirla en planes de acción de mitigación y adaptación basados en evidencias. Solo así, podremos reducir nuestra vulnerabilidad como país y proteger la soberanía alimentaria.

Vulnerabilidad de los recursos marinos en Ecuador frente a escenarios de cambio climático

Francisco Navarrete - Mier
f.navarretemier@gmail.com

Patricia Castillo - Briceno
pat.castillobriceno@gmail.com



Gracias!
Thanks!
Merci!



REFERENCIAS

- Allison EH, Perry AL, Badjeck M-C, Neil Adger W, Brown K, Conway D, Halls AS, Pilling GM, Reynolds JD, Andrew NL, Dulvy NK (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries* 10:173–196.
- Barange M, Bahri T, Beveridge MCM, Cochrane KL, Funge Smith S, Poulain F, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options.
- Barton A, Hales B, Waldbusser GG, Langdon C, Feely RA (2012). The Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, shows negative correlation to naturally elevated carbon dioxide levels: Implications for near-term ocean acidification effects. *Limnology and Oceanography* 57:698–710.
- Bechmann RK, Taban IC, Westerlund S, Godal BF, Arnberg M, Vingen S, Ingvarsdottir A, Baussant T (2011). Effects of Ocean Acidification on Early Life Stages of Shrimp (*Pandalus borealis*) and Mussel (*Mytilus edulis*). *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A* 74:424–438.
- Byrne M, Lamare M, Winter D, Dworjanyan SA, Uthicke S (2013). The stunting effect of a high CO₂ ocean on calcification and development in sea urchin larvae, a synthesis from the tropics to the poles. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 368:20120439.

- Cao L, Caldeira K (2008). Atmospheric CO₂ stabilization and ocean acidification. *Geophysical Research Letters* 35:
- Caruso G (2019) Microplastics as vectors of contaminants. *Marine Pollution Bulletin* 146:921–924.
- Castillo N, Saavedra LM, Vargas CA, Gallardo-Escárate C, Détrée C (2017). Ocean acidification and pathogen exposure modulate the immune response of the edible mussel *Mytilus chilensis*. *Fish & Shellfish Immunology* 70:149–155.
- Castillo-Briceno P, Navarrete-Mier F (2015). Potenciales Impactos de la Acidificación de los Océanos para las Pesquerías y Acuicultura Marina en Ecuador. *TILAPIA & CAMARONES Sociedad Latinoamericana de Acuicultura* 7:24:28–33.
- Chae Y, An Y-J (2018). Current research trends on plastic pollution and ecological impacts on the soil ecosystem: A review. *Environmental Pollution* 240:387–395.
- DellaSala DA (2018). Oceans and Global Change: One Blue Planet. In: Dellasala D.A., Goldstein M.I. (eds) *Encyclopedia of the Anthropocene*. Elsevier, Oxford, pp 17–19
- Dupont S, Hall E, Calosi P, Lundve B (2014). First Evidence of Altered Sensory Quality in a Shellfish Exposed to Decreased pH Relevant to Ocean Acidification. <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2983/035.033.0320>.
- Egger, M (2011) .Ocean Acidification in the Humboldt Current System. Master Thesis, August 2011. Department of Environmental Sciences ETH Zurich (D-UWIS).
- Frommel AY, Stiebens V, Clemmesen C, Havenhand J (2010). Effect of ocean acidification on marine fish sperm (Baltic cod: *Gadus morhua*). *Biogeosciences* 7:3915–3919.
- Gattuso J-P, Hansson L (2011). Ocean Acidification. Oxford University Press,
- Hannah LJ (2015). Climate change biology. Academic Press, Elsevier, Amsterdam.
- Herzog HJ, Adams EE, Auerbach D, Caulfield J (1996). Environmental impacts of ocean disposal of CO₂. *Energy Conversion and Management* 37:999–1005.

- Hilmi N., Allemand D., Kavanagh C., Laffoley D., Metian M., Osborn D., Reynaud S. (2015). Bridging the Gap Between Ocean Acidification Impacts and Economic Valuation: Regional Impacts of Ocean Acidification on Fisheries and Aquaculture. IUCN,
- IGBP, IOC, SCOR (2013). Ocean Acidification Summary for Policymakers – Third Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. International Geosphere-Biosphere Programme, Stockholm, Sweden.
- IPCC (2019). Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)]. In press.
- Keeling RF, Keeling CD (2017). Atmospheric Monthly In Situ CO₂ Data - Mauna Loa Observatory, Hawaii. In Scripps CO₂ Program Data.
- Kroeker KJ, Kordas RL, Crim R, Hendriks IE, Ramajo L, Singh GS, Duarte CM, Gattuso J-P (2013). Impacts of ocean acidification on marine organisms: quantifying sensitivities and interaction with warming. *Global Change Biology* 19:1884–1896.
- Lischka S, Büdenbender J, Boxhammer T, Riebesell U (2011). Impact of ocean acidification and elevated temperatures on early juveniles of the polar shelled pteropod *Limacina helicina*: mortality, shell degradation, and shell growth. *Biogeosciences (BG)* 8:919–932.
- McAlpine C, Ryan J, Seabrook L, Thomas S, Dargusch P, Syktus J, Pielke R, Etter A, Fearnside P, Laurance W (2010). More than CO₂: a broader paradigm for managing climate change and variability to avoid ecosystem collapse. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2:334–346.
- Mora C, Wei C-L, Rollo A, Amaro T, Baco AR, Billett D, Bopp L, Chen Q, Collier M, Danovaro R, Gooday AJ, Grube BM, Halloran PR, Ingels J, Jones DOB, Levin LA, Nakano H, Norling K, Ramirez-Llodra E, Rex M, Ruhl HA, Smith CR, Sweetman AK, Thurber AR, Tjiputra JF, Usseglio P, Watling L, Wu T, Yasuhara M (2013). Biotic and Human Vulnerability to Projected Changes in Ocean Biogeochemistry over the 21st Century. *PLoS Biology* 11:e1001682.
- Munday PL, Cheal AJ, Dixson DL, Rummer JL, Fabricius KE (2014). Behavioural impairment in reef fishes caused by ocean acidification at CO₂ seeps. *Nature Climate Change* 4:487–492

- Munday PL, Welch MJ, Allan BJM, Watson S-A, McMahon SJ, McCormick MI (2016). Effects of elevated CO₂ on predator avoidance behaviour by reef fishes is not altered by experimental test water. *Peer J.* 4:e2501.
- Pandolfi JM, Connolly SR, Marshall DJ, Cohen AL (2011). Projecting Coral Reef Futures Under Global Warming and Ocean Acidification. *Science* 333:418–422.
- Quérel CL, Andrew RM, Friedlingstein P, Sitch S, Hauck J, Pongratz J, Pickers PA, Korsbakken JI, Peters GP, Canadell JG, Arneeth A, Arora VK, Barbero L, Bastos A, Bopp L, Chevallier F, Chini LP, Ciais P, Doney SC, Gkritzalis T, Goll DS, Harris I, Haverd V, Hoffman FM, Hoppema M, Houghton RA, Hurtt G, Ilyina T, Jain AK, Johannessen T, Jones CD, Kato E, Keeling RF, Goldewijk KK, Landschützer P, Lefèvre N, Lienert S, Liu Z, Lombardozzi D, Metzl N, Munro DR, Nabel JEMS, Nakaoka S, Neill C, Olsen A, Ono T, Patra P, Peregón A, Peters W, Peylin P, Pfeil B, Pierrot D, Poulter B, Rehder G, Resplandy L, Robertson E, Rocher M, Rödenbeck C, Schuster U, Schwinger J, Séférian R, Skjelvan I, Steinhoff T, Sutton A, Tans PP, Tian H, Tilbrook B, Tubiello FN, Laan-Luijckx IT van der, Werf GR van der, Viovy N, Walker AP, Wiltshire AJ, Wright R, Zaehle S, Zheng B (2018) Global Carbon Budget 2018. *Earth System Science Data* 10:2141–2194.
- Quesne WJFL, Pinnegar JK (2012). The potential impacts of ocean acidification: scaling from physiology to fisheries*. *Fish and Fisheries* 13:333–344.
- Small DP, Calosi P, Boothroyd D, Widdicombe S, Spicer JI (2016). The sensitivity of the early benthic juvenile stage of the European lobster *Homarus gammarus* (L.) to elevated pCO₂ and temperature. *Marine Biology* 163:
- Stafford R, Jones PJS (2019). Viewpoint – Ocean plastic pollution: A convenient but distracting truth? *Marine Policy* 103:187–191.
- Tresguerres M, Hamilton TJ (2017). Acid–base physiology, neurobiology and behaviour in relation to CO₂-induced ocean acidification. *Journal of Experimental Biology* 220:2136–2148.



**AQUA
CIBUS**

**C O N F E R E N C I A S
A C U I C U L T U R A**



María Guadalupe Bravo Montesdeoca, ITSLAM
Formación tecnológica en acuicultura del ITSLAM

Diego Cumbicus, ISTO
La carrera tecnológica en acuicultura del ISTO

Paul Martin Baltazar Guerrero (Universidad Científica del Sur; AquaCibus)
Diversificación de la acuicultura en Perú

Ana María Santana (EAP-UTM, Ecuador; LavaPlus y AquaCibus)
Perspectivas del cultivo de Chame en Iberoamérica, con especial referencia en Ecuador

Juan Carlos Duran Izquierdo (UNC, Colombia; AquaCibus)
Experiencias de implementación de sistemas piscícolas en comunidades del resguardo indígena Arhuaco de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

César Lodeiros (EAP-UTM; AquaCibus)
Especies emergentes para el cultivo de moluscos bivalvos en el Pacífico tropical iberoamericano

Manuel Rey-Méndez (USC, España; AquaCibus)
Cultivo de pulpo: Perspectivas para Iberoamérica y Ecuador

Formación en la carrera de tecnología superior en acuicultura del ISTLAM – Jaramijó, Ecuador

María Guadalupe Bravo Montesdeoca

Carrera de Tecnología Superior en Acuicultura, Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez. Secretaria de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación. Ext. Jaramijó 132150, Manabí, Ecuador.

✉ lupebravom@yahoo.com

RESUMEN

La modalidad dual de estudios que oferta actualmente el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez (ISTLAM) en la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura (TSA), se basa en un sistema de educación amparado por la Cámara de Comercio Alemana y la SENESCYT. Es una formación profesional que combina el aprendizaje teórico-práctico dentro de una Empresa Formadora y un Instituto Tecnológico de Educación Superior; desarrollando el plan de estudio en las aulas de clases de manera teórica (50%) y las prácticas pre-profesionales (50%) en las empresas formadoras, cubriendo 5 ciclos de seis (6) meses cada uno. La formación Dual transmite sistemáticamente los conocimientos y habilidades de forma progresiva, para un ejercicio profesional cualificado. Así, la inserción en la vida profesional es facilitada ya que los estudiantes adquieren el conocimiento teórico - práctico desde el inicio de la carrera, logrando para lograr un mejor desempeño justamente donde es fundamental la experiencia. La Carrera TSA intenta fortalecer el sector acuícola nacional a través de la formación de tecnólogos, con tecnología de punta, que pueda atender las exigencias del mercado laboral proveyendo estrategias para el desarrollo de cultivos rentables y una alimentación sana y oportuna. El estudiante de TSA es entrenado en procesos específicos para la cría y engorde de organismos acuáticos, dominando aspectos de producción, manejo y control de peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y algas, con un enfoque ecosistémico.

INTRODUCCIÓN

El artículo 40 del Reglamento para Carreras y Programas en Modalidad de Formación Dual (CES, 2018), establece: "Las instituciones de educación superior (IES) podrán impartir sus carreras y programas en las siguientes modalidades de estudio o aprendizaje: a. Presencial; b. Semi presencial; c. Dual; d. En línea; y, e. A distancia". La formación Dual rompe con la tradicionalidad de la asistencia meramente presencial en la unidad educativa, pues mantiene una interacción continua entre la teoría y la práctica, a través del trabajo simultáneo en ambientes académicos y entornos laborales reales de las empresas a lo largo del periodo de estudio.

Para la gestión de la formación Dual, las IES han firmado convenios con empresas acuícolas que establecen la corresponsabilidad de ambas instituciones en la planificación, ejecución, control y evaluación del proceso de desarrollo de las competencias laborales de los estudiantes. Las Fases prácticas que realiza el estudiante en la empresa durante el 50% de la duración del semestre, le permiten desarrollar experiencia práctica en diferentes áreas del campo ocupacional, ejecutándose bajo programas que contienen materiales didácticos cubiertos durante la fase teórica del semestre, asegurando una supervisión y la calidad esperada de la formación.

Objetivos

- Desarrollar un programa de formación Dual entre IES y empresas acuícolas
- Generar convenios con empresas acuícolas públicas y privadas
- Asegurar la formación con alta calidad tecnológica para los estudiantes

Desarrollo

El sector productivo acuícola de Manabí articula con los alumnos, mediante las prácticas Duales, un estrecho lazo de interés mutuo en el que los alumnos más preparados y con predisposición, sean escogidos como futuros trabajadores de las empresas. La preparación pedagógica práctica de los docentes junto con el personal cualificado de las empresas, constituyen un binomio que asegura que el aprendizaje del futuro tecnólogo cumpla con las exigencias establecidas en los Planes de Aprendizajes Prácticos y de Rotación, así como en los

Planes Marco de Formación, que se diseñan en conjunto entre las IES y las empresas receptoras formadoras a lo largo de los 5 semestres que dura la carrera.

Formación Dual – Componente Académico

Se forma académicamente al estudiante en un programa de 5 semestres, ocupando el 50% de la duración del semestre. La malla curricular se estableció con aportes del sector empresarial, académico y de instituciones gubernamentales del Ecuador.

Formación Dual - Componente Empresarial

Las fases prácticas son realizadas por el estudiante en la empresa durante el 50% de la duración del semestre, permitiendo desarrollar experiencia práctica en diferentes áreas del campo laboral (Fig. 1).

En la formación Dual se contemplan un total de 1800 horas de prácticas a partir del primer semestre de la carrera, asegurando que las empresas seleccionadas dispongan de instalaciones de alta calidad tecnológica para la formación de los estudiantes.



Figura 1. Alumnos en prácticas duales en las empresas.

El sector acuícola, se presenta como una industria de suma importancia para la economía ecuatoriana aportando en alimentación y subproductos (para la fabricación de piensos) y en las exportaciones; haciéndose necesario fortalecer el sector a través de la formación de tecnólogos, nuevas tecnologías para atender las exigencias del mercado y una alimentación sana, oportuna y rentable.



Figura 2. Docentes y alumnos en el Instituto y en la empresa.

El Tecnólogo en Acuicultura es un profesional capaz de manejar en forma integral las actividades de producción acuícola y de maricultura aplicando técnicas, metodologías y procesos para su mejoramiento de acuerdo a los recursos disponibles, respetando la naturaleza y legislación vigente.

Visión y Misión

Visión

Ser una Carrera Tecnológica en Acuicultura, que:

- Fortalezca y profesionalice el sector de la Acuicultura.
- Con talento humano formado bajo estándares profesionales reconocidos y acreditados internacionalmente.
- Manejando procesos productivos sostenibles.
- Con valores éticos – cívicos.
- Satisfaciendo necesidades del sector nacional

Haciendo un aporte al desarrollo integral del Ecuador, en un contexto de sociedad, familia y persona.

Misión

Formar Tecnólogos en Acuicultura:

- En un programa de estudios duales, creativos, humanistas, con capacidad de liderazgo.
- Integrando conocimientos y procedimientos en procesos Acuícolas,
- Aplicando herramientas tecnológicas de punta en su desempeño profesional,

- Aportando económicamente a su persona, al núcleo familiar, el país y la sociedad en general.



Figura 3. Alumnos en vinculación con la comunidad, alumnos en mantenimientos de filtros

Competencia General

El tecnólogo acuícola puede:

- Operar cultivos mediante la planificación, organización, manejo, supervisión y evaluación de las actividades productivas.
- Aplicar técnicas y proceso biotecnológicos para el mejoramiento y diversificación de la producción acuícola.
- Promover el empleo de recursos disponibles localmente
- Respetar el entorno natural y la legislación vigente.

Se inició la carrera en el año 2015, hasta la actualidad se mantiene 7 cohortes con dos cohortes de graduados, se conserva convenios debidamente firmados con 30 empresas, 12 docentes en la carrera, cinco tesis de grado con el CENAIM.

La carrera en el ITSLAM dispone de 5 aulas de clase, una sala de cómputo, un laboratorio de física y química, un laboratorio de biología y microbiología, y un taller de Acuicultura (Fig. 2 y 4).



Figura 4. Diferentes aulas de docencia.

Los laboratorios están equipados para entrenar al estudiante en las asignaturas de la carrera. Dispone de los equipos y materiales fundamentales para entrenar al estudiante en análisis microbiológicos, virales, técnicas de PCR, bromatológicos, de calidad de agua y suelos, entre otros. En este sentido, se espera certificar procesos en un futuro y prestar servicios de análisis de muestras para atender necesidades de usuarios y empresas acuícolas del país.

Tiene equipamiento para entrenar al estudiante en procesos de aislamiento de cepas, preservación y cultivo masivo de microalgas, apoyando técnicamente a los laboratorios locales de postlarvas de camarón (Fig. 5).



Figura 5. Laboratorio de cepa, carboys y masivos de microalgas.

El taller – Laboratorio de Acuicultura, está equipado actualmente con tanques de diversas dimensiones y volúmenes, permitiendo al estudiante adquirir competencias en cultivo acuícolas y de maricultura; en un futuro se espera contar también con lagunas experimentales (Fig. 6).



Figura 6. Laboratorio de biología, microbiología y taller.

CONCLUSIONES

- En el ISTLAM se dispone de infraestructura y equipamiento de calidad, para la formación dual de Tecnólogos en Acuicultura.
- Los docentes de la carrera Tecnología Superior en Acuicultura están especializándose constantemente en cursos, seminarios y concluyendo maestrías, una formación con calidad tecnológica para los estudiantes.
- El énfasis se ha puesto en el cultivo de especies marinas, pero ante la necesidad de formar tecnólogos acuícolas para todo el país, estamos diversificando la formación hacia especies continentales de alta y baja temperatura.
- El sector empresarial ha respondido de forma positiva a su papel de formador de recursos humanos que comparte con la carrera de Acuicultura. Se continúan firmando convenios.
- Los Tecnólogos en Acuicultura están constantemente realizando investigaciones confiables y acertadas en tesis de grado con el CENAIM, centros de maduración, laboratorios de microalgas, estaciones piscícolas, empresas de genética y apropiadas investigaciones en el ISTLAM en sus laboratorios y taller.

La carrera tecnológica en acuicultura del Instituto Tecnológico Superior El Oro (ITSO) en Machala, provincia Del Oro, Ecuador

Diego Cumbicos Ortega

Coordinación Carrera de Tecnología en Acuicultura. Instituto Superior Tecnológico El Oro. Antigua Vía El Limón y Avenida Circunvalación Norte. Machala, El Oro. Ecuador.

✉ diego_cumbicos@hotmail.com

RESUMEN

El Instituto Tecnológico Superior El Oro (ITSO), oferta la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura en la modalidad dual, y se desarrolla mediante convenios con 18 instituciones públicas y privadas; la carrera se dedica a la formación tecnológica cualificando las necesidades del sector y el resultado de la articulación es formar profesionales con visión productiva, sostenible e innovadora, enfocada en la preparación de mano de obra calificada de acuerdo a las necesidades de las actividades acuícolas productivas.

INTRODUCCIÓN

El sector acuícola en Ecuador representa el segmento más importante de la economía después del petróleo. Sin embargo, a diferencia de otros sectores económicos, las granjas acuícolas están distribuidas en diversas regiones, muchas veces en lugares distantes de ciudades. Es así que ISTO considera que educar tecnólogos, se enfoca en que el estudiante entienda globalmente el mundo de la tecnología, articulando las distintas disciplinas entre sí (biología, química, microbiología, acuicultura, sanidad acuícola, entre muchas otras) y la interacción de conocer los procesos que hacen posible el desarrollo de nuevos productos y sistemas, fomentando la creatividad y la innovación, para desarrollar competencias y habilidades afín de adaptarse a las nuevas tecnológicas acuícolas.

En este sentido, la carrera de tecnología Superior en Acuicultura, presenta los siguientes objetivos:

Objetivos

- Formación dual
- Cooperación interinstitucional
- Investigación y desarrollo

Formación dual en acuicultura

La acuicultura en el país se ha desarrollado a nivel exponencial por lo que se ha creado una cultura empresarial con una demanda de profesionales innovadores, visionarios, e investigadores que han de ser capaces de adaptarse a las nuevas tendencias de producción y explotación de recursos marinos, así como a desarrollar competencias y habilidades para las nuevas adaptaciones tecnológicas.

Las bases para el desarrollo económico es fomentar el principio de igualdad y de oportunidades en la Educación Superior, por lo tanto, destaca las nuevas modalidades de estudio como es la formación dual, generando nuevas expectativas académicas y de formación. En tal sentido, el Instituto Tecnológico Superior El Oro, promueve en la comunidad orense la oferta académica de la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura, en la modalidad dual, que se caracteriza por un 40% de planificación para la formación en aula y 60% de formación empresarial, esta modalidad busca generar conocimientos tanto académicos como empresariales, destacando que el segundo es la clave del éxito puesto que se genera un conocimiento táctico y estratégico de acuerdo al desarrollo empresarial totalmente necesario para que el alumno pueda responder ante una realidad muy dinámica propia de las nuevas tendencias de producción en acuicultura

La formación dual se realiza en dos entornos de aprendizaje, con una alta participación en el entorno real laboral, en la que el estudiante realiza rotación en las áreas de aprendizaje, y aplica principios de autonomía y responsabilidad, generando habilidades de análisis crítico, y visión innovadora.

Los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura, mediante convenios de formación dual desarrollan actividades en los laboratorios de larvas y explotación de camarones en la provincia de El Oro.



Figura 1. Escenarios formativos de la formación dual. (Autor, 2019)

En tal sentido destacadas empresas han reconocido, la fortaleza de la formación dual, mismo que han hecho eco en los medios de difusión.



Figura 2. Difusión de la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura en página de Vitapro S.A

De igual forma el Instituto Superior Tecnológico El Oro ha considerado, como prioridad de la institución, el parámetro de la investigación, por este motivo, la Institución ha busca relacionarse con otras instituciones para crear una amplia gama de convenios interinstitucionales, con el fin de contribuir al fortalecimiento de la educación superior en la provincia. Asimismo, el Instituto quiere fomentar la trasferencia de tecnología a la comunidad local, regional y nacional, actualmente se encuentra implementando la investigación para la reproducción de dos especies cuya finalidad es garantizar la sostenibilidad de los recursos del cangrejo y la concha en el ecosistema de manglar a través del desarrollo una consultoría financiada por HEIFER-Ecuador.



Figura 3. Presentación de propuestas para investigación y desarrollo

Una vez establecido, la articulación con el sector empresarial se ha considerado desarrollar los siguientes ítems:

- **Investigación**
- **Desarrollo**
- **Know-How**

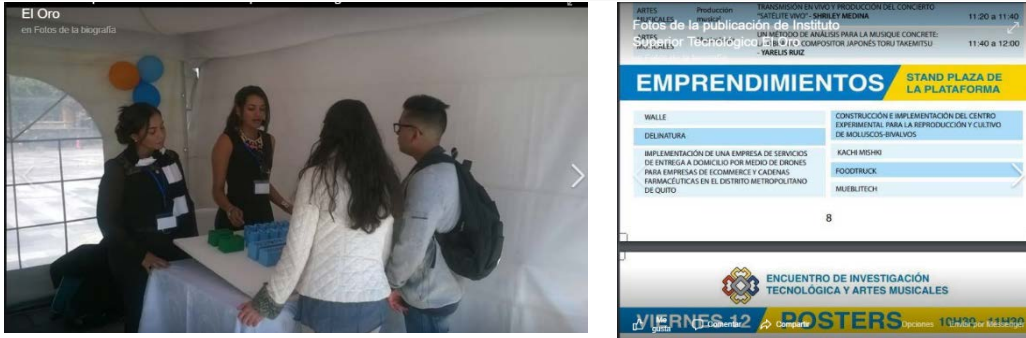


Figura 4 . Participación Congreso RITAM

Se participó en la ciudad de Quito en el Congreso RITAM, a continuación se destaca la nota de prensa en medio locales.



Figura 5. Difusión de resultados

De igual manera la carrera de Tecnología Superior en Acuicultura, se ha articulado con proyectos financiados por organismos como la FAO.



Figura 6. Socialización con pescadores relacionados a proyectos financiados por FAO.

De igual manera, se ha considerado desarrollar investigación en tres áreas temáticas:

- Aislamiento de microalgas
- Reproducción de conchas
- Reproducción de cangrejo

Para el caso de la reproducción de la concha y el cangrejo se ha considerado desarrollar consultoría de I+D. En los ensayos, desarrollados en el Instituto Tecnológico Superior El Oro, se ha desarrollado investigación relacionada a la reproducción de la especie *Anadara tuberculosa*, obteniendo los siguientes resultados.

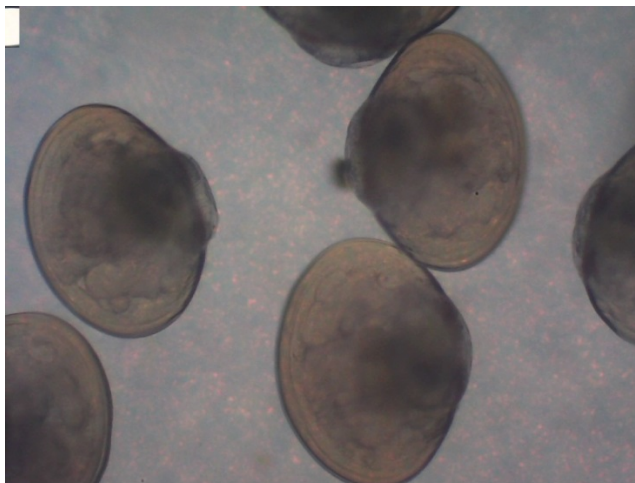


Figura 7. Desarrollo larval de *Anadara tuberculosa*

Así mismo se ha desarrollado, inducción a la maduración mediante varios métodos. Preocupados por articularnos con el sector pesca, se ha establecido convenios de Cooperación obteniendo los siguientes resultados:



Figura 8. Manufactura de productos pesqueros

A la vez se ha considerado impulsar la investigación en el estudio de organismos acuáticos, mediante la creación de un centro de investigación.



Figura 9. Difusión de creación de centro de investigación

Se ha logrado desarrollar Articulación con Instituto Nacional de Pesca (INP), para colaborar en actividades propuestas por INP.



Figura 10. Participación en recolección de micro plásticos

Se ha desarrollado concientización de los recursos naturales, mediante casas abiertas por celebración de fechas emblemáticas



Figura 11. Afiche presentación de casa abierta. Día Mundial del Agua

A la vez se ha desarrollado articulación con gremio empresarial, con centros de explotación de cultivos acuáticos.



Figura 12. Visita a AQUATROPICAL, con estudiantes ISTO.

Finalmente se ha desarrollado participación en congreso de biodiversidad



Figura 13. Participación en Congreso de Biodiversidad.

CONCLUSIONES

- El ISTO, ha logrado articular con empresas formadoras para el desarrollo de la formación dual.
- El ITSO, ha generado propuesta de redes de investigación.
- El ISTO, se ha logrado articular con el sector pesca.

Producción y diversificación de la acuicultura en el Perú

Paul M. Baltazar Guerrero

Carrera de Biología Marina, Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

✉ pbaltazar@cientifica.edu.pe

PESQUERÍA MUNDIAL Y PERUANA

La pesquería es la segunda actividad económica más importante del Perú, después de la minería. Es fuente generadora de divisas y empleo en el país. Destaca principalmente la pesquería marítima y en menor grado la pesca continental y la acuicultura. En el año 2018, los desembarques de recursos hidrobiológicos representaron 7.2 millones de toneladas (Fig. 1) con un valor de exportaciones de 3 258 400 millones de dólares (valor FOB); esta cifra significó un crecimiento de 14,1% en relación al valor de las exportaciones en el 2017, mientras que la cantidad expresada en toneladas también creció en un 72% (SNP, 2018a).

La actividad pesquera peruana está sustentada principalmente en los recursos marinos pelágicos, como la anchoveta (*Engraulis ringens*), la pota (*Dosidicus gigas*), la caballa (*Scomber japonicus*), el perico (*Coryphaena hippurus*) y el bonito (*Sarda chiliensis*); en la pesquería demersal destaca la merluza (*Merluccius gayi*). Los principales productos de exportación corresponden al consumo humano indirecto siendo la harina y el aceite de pescado, ambos procedentes del proceso de la anchoveta (SNP, 2018b).

Según la FAO (2018), en América Latina y el Caribe se genera el 11% de la producción pesquera mundial, pero únicamente se consume 9,5 kg de pescado/persona al año, mientras que el consumo mundial está cercano a los 21 kg. La pesca ilegal asciende a 26 millones de toneladas, con un valor que supera los 23.000 millones de dólares.

PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN LATINO AMÉRICA Y EL CARIBE 2017

La producción acuícola de América Latina y el Caribe ascendió de 1 868 106 (2010) a 3 591 368 (2017) toneladas, lo que significó un crecimiento del orden del 92%; siendo los principales

productores Chile (34%), Brasil (17%), Ecuador (13%), Estados Unidos (12%), México (7%), Canadá (5%), Perú (3%) y Colombia (3%) (Fig. 1).

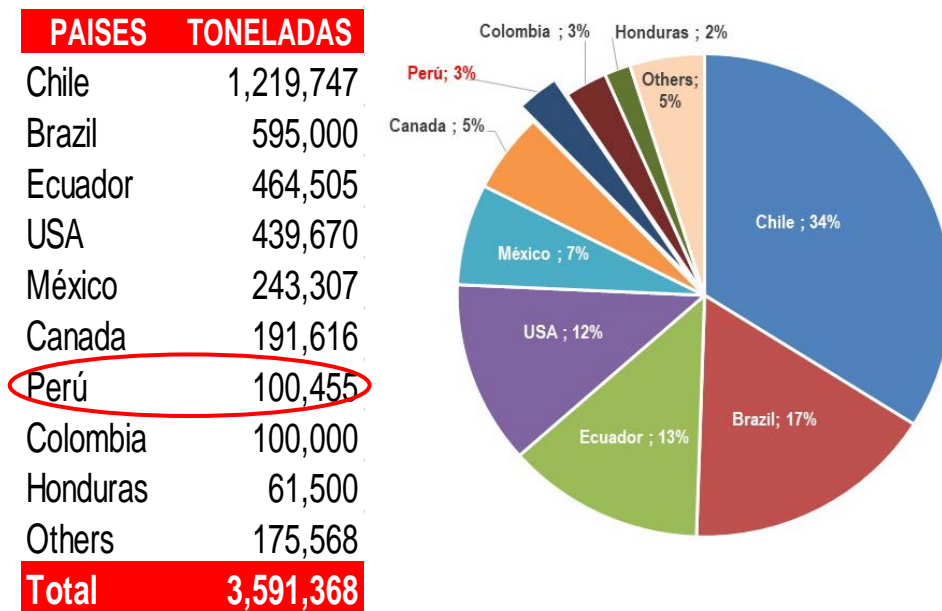


Figura 1. Producción acuícola en América Latina y el Caribe durante el 2017
Elaboración propia en base estadística de la Red nacional de Acuicultura, PRODUCE- FishStatJ-FAO 2018

Las mayores producciones en los países corresponden en su mayoría a especies introducidas como es el caso de Chile con el salmón (*Salmo salar*), Brasil, Colombia, Honduras con la tilapia (*Oreochromis niloticus*), Perú con la trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y la tilapia; en Ecuador la principal especie es el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) la cual no es una especie introducida.

Producción acuícola peruana

En lo que respecta a la acuicultura en el 2018 fue de 103.7 mil TM, lo que representó un crecimiento de 3,4 % respecto del año 2017, debido al incremento en el cultivo de trucha, langostino, concha de abanico, tilapia y otras especies (Fig. 2).

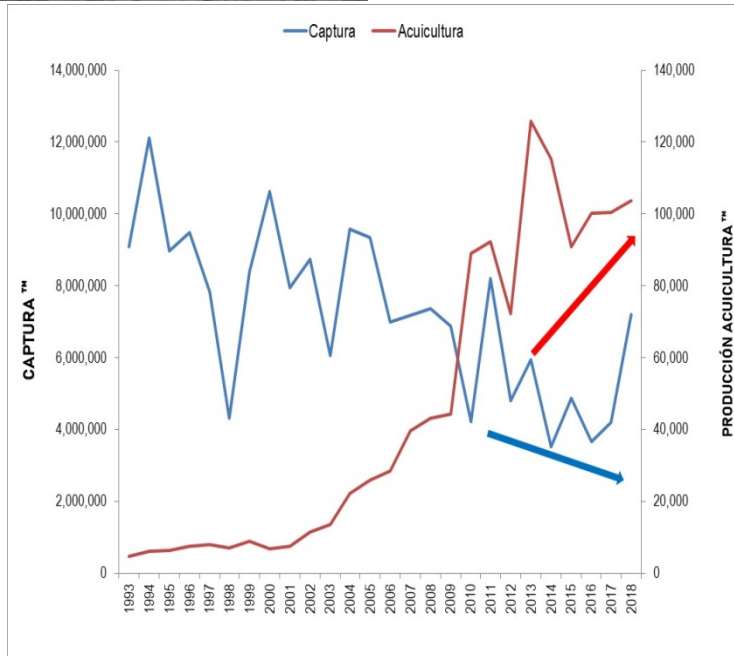


Figura 2. Producción pesquera y acuícola del Perú
 Elaboración propia, en base a información histórica de PRODUCE-DGA, 2018

La producción acuícola peruana ha incrementado 21 veces su valor, de 4.753 (1993) a 103.528 T (2018), que es el producto de 20 especies en cultivo, la cual representa el 3,4% de especies cultivables en el mundo (FAO, 2018); cinco de procedencia marina y quince de ambientes continentales. Los mayores volúmenes de producción corresponden a especies de aguas continentales (59%), y segundo plano las de procedencia marina (41%). Las especies de mayores volúmenes de cultivo están centradas en ocho especies, como la trucha (*Oncorhynchus mykiss*: 54%), langostinos (*Penaeus vannamei*: 27.5%), concha de abanico (*Argopecten purpuratus*:11.9%), tilapia (*Oreochromis niloticus*: 3%), paco (*Piaractus brachyomus*:1.7%),

gamitana (*Colossoma macropomun*:1%) y paiche (*Arapaima gigas*:0.2%). Por otro lado, tenemos alrededor de nueve especies que en los cinco años han entrado a ser cultivadas cuyas producciones aún son menores a 100 toneladas anuales (Fig. 3) (Baltazar 2014; Baltazar y Palacios 2015).

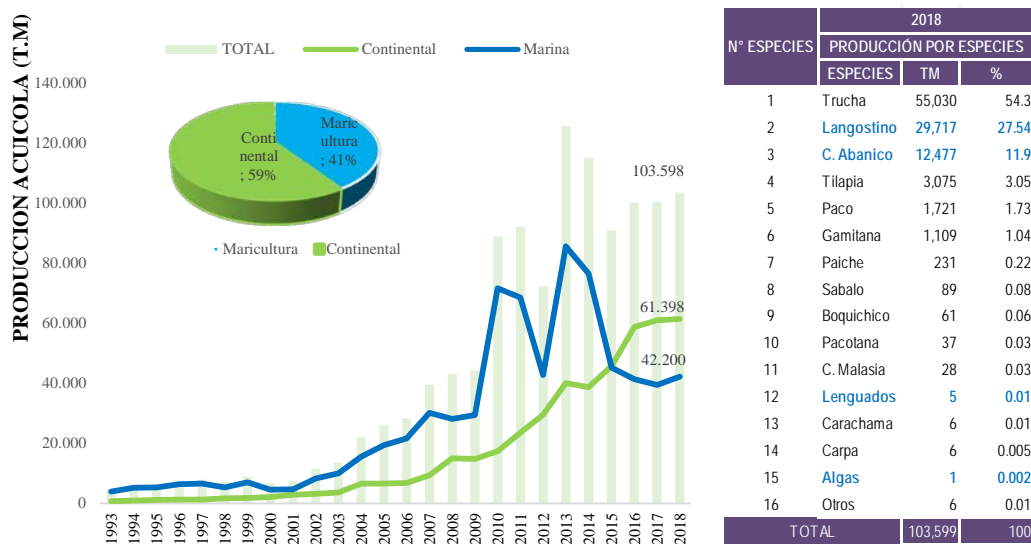


Figura 3. Volúmenes de producción y principales especies acuícolas peruana. Elaboración propia en base estadística de la Red nacional de Acuicultura, PRODUCE- FishStatJ-FAO 2018

COMERCIALIZACIÓN: MERCADO INTERNO Y EXPORTACIÓN

Las principales especies de exportación durante el 2018 están referidas a aquellas que provienen de la maricultura, dado que el 97% de la producción del langostino es destinado principalmente a diversos mercados americanos, asiáticos y europeos; y el 96% de la concha de abanico es requerida principalmente por mercados europeos (Francia, España y Holanda) y americanos (EE. UU). Solo tres especies provenientes del medio continental son comercializadas en diversos mercados de América y Asia: Paiche (24%), Tilapia (20%) y trucha (4%). Por otro lado, las especies que generaron los mayores valores de exportación, durante el 2018 corresponden al langostino (200.2 millones US\$), concha de abanico (73.9 millones US\$), trucha (35.4 millones US\$), tilapia (1.7 millones US\$) y paiche (0.5 millones US\$) (Fig. 4).

Las especies provenientes del cultivo de agua dulce, principalmente los de origen amazónicos son adquiridos por los pobladores regionales en un 100%, como es el caso del sábalo, gamita y paco; el 96% de la producción de trucha es comercializada en el mercado

interno, cabe señalar que el 46% de la producción de esta especie proviene de la Región Puno; la tilapia, cuyo consumo local llega al 80% y cuya producción está centrada principalmente en los departamentos de San Martín, Piura y Lima. El 76% del cultivo de paiche es adquirida y consumida por el mercado peruano. Como vemos nuestra producción acuícola continental abastece principalmente el mercado nacional, y muchas regiones costeras han incrementado el consumo de estas especies debido a la fuerte migración de los pobladores de la zona de selva y sierra a la costa, los que traen sus costumbres y entre ellos el consumo de los pescados de sus zonas y que ahora se expenden en grandes cadenas de súper mercados (Baltazar 2019).

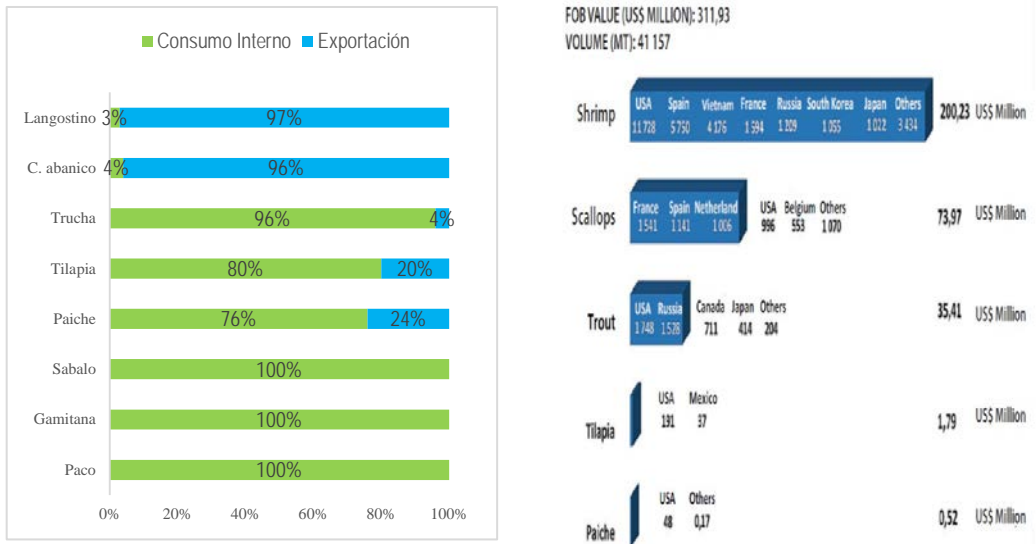


Figura 4. Consumo interno y exportación por especie 2018.
Fuente: DGA-OGIEE- PRODUCE

PRINCIPALES EMPRESAS ACUÍCOLAS EN EL PERÚ

Las principales empresas productoras de concha de abanico, cuya producción proviene del cultivo suspendido son la empresa Acuicultura y Pesca S.A.C. (ACUAPESCA) ubicada en la playa Guaynuma, *Ancash* y Nemo Corporation S.A.C. en la ensenada Nonura, Piura, ambas con alrededor de 400 Ha de mar en cultivo (Fig. 5).

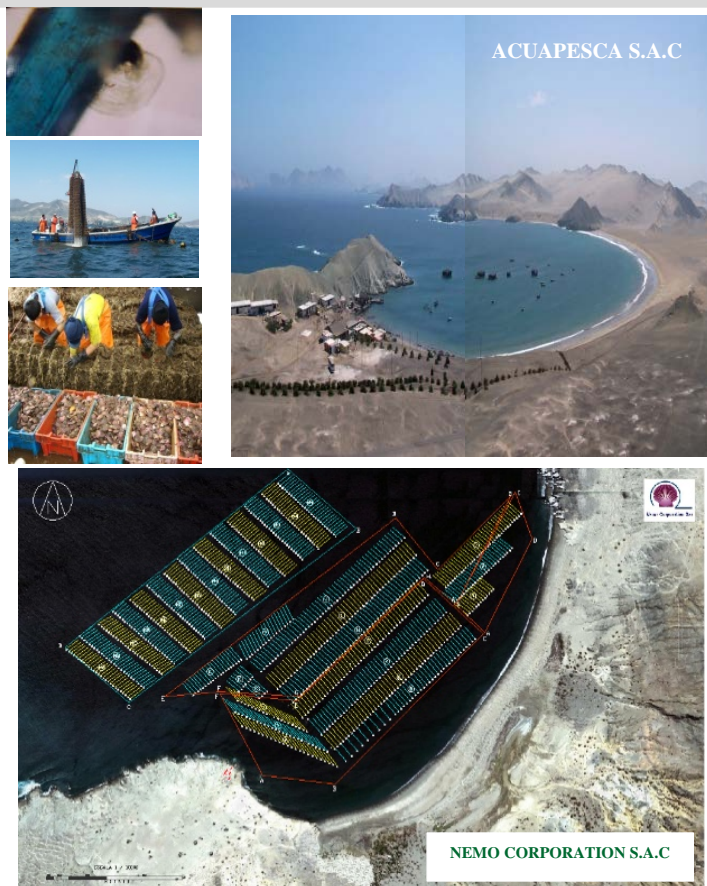


Figura 5. Principales empresas productoras de concha de abanico

Las principales empresas productoras de langostino, se encuentran ubicadas en los departamentos de Tumbes y Piura, siendo estas: Isla Bella S.A.C. (226 Ha), Marinasol S.A. (211), Langostinera Tumbes S.A.C. (200 Ha), Criador El Guamito S.A. (200 Ha), La Fragata S.A (165 Ha), *Aquafoodperu S.A.C.* (151 Ha), entre otros (Fig. 6).



Figura 6. Principales empresas productoras de langostino

De trucha, podemos mencionar a Peruvian Andean Trout (Patsac) ubicado en la laguna Choclococha, Huancavelica, Piscis en Huancayo y Piscifactoría de Los Andes, en Puno. La producción para el 2018 se realizó en 16 de los 25 departamentos del Perú (55.030 TM), siendo los principales productores: Puno (45.349 TM)), Huancavelica (3.344 TM), Junín (2 845 TM) y Piura (1-189 TM). El cultivo de esta especie se realiza en sistemas de estanques de tierra o concreto tipo “raceways” y en jaulas flotantes ya sean metálicas o artesanales en diversos lagos y lagunas altoandinas, incluyendo el Lago Titicaca.

El cultivo de la trucha en el Perú se realiza en las tres categorías productivas establecidas en la Ley General de Acuicultura y su Reglamento: AREL, AMYPE y AMYGE. El abastecimiento de semilla se sustenta principalmente en la importación de ovas embrionadas provenientes de los Estados Unidos de Norteamérica, España, Dinamarca y Noruega.

Las mayores producciones de tilapia proceden de las empresas AMERICAN QUALITY AQUACULTURE S.A.C con 30 Ha de concesión en el Reservorio de Poechos con 19 Ha de autorización en tierra, ambas ubicadas en el distrito de Lancones, Piura; en la Región San Martín alrededor de 600 empresas productores de esta especie que no sobrepasan en su mayoría las 10 Ha cada una y Acuahua S.A.C. empresa ubicada en la Región Lima con alrededor de 10 Ha de cultivo (Fig. 7).



Figura 8. Empresas productoras de tilapia.

Actualmente existen varias empresas que vienen incursionando en el cultivo de nuevas especies, como la empresa Pacific Deep Frozen S.A. dedicándose al cultivo del lenguado (*Paralichthys adspersus*) y cuya planta piscícola se encuentra ubicado en Huarmey (Ancachs) sus volúmenes de producción se encuentran en 5 TM anuales; la empresa Alimenta Algae S.A.C. que se encuentran produciendo Espirulina en el desierto de Ica. Así mismo, existen una serie de empresas privadas y cooperativas de Pescadores Artesanales Algueros dedicados al cultivo de las algas rojas y pardas entre las que podemos señalar ACUISUR S.A.C, ALAGEX S.A. y PSW S.A.

ESPECIES POTENCIALES

Con el objetivo de diversificar la acuicultura peruana, diversas instituciones privadas y públicas vienen desarrollando investigaciones en aspectos de reproducción, manejo, alimentación, genética, larvicultura, engorde y tecnología de cultivo con especies como Chita (*Anisotremus scapularis*), robalo (*Centropomus nigrescens*), babunco (*Girella laevis*), lisa (*Mugil cephalus*), concha negra (*Anadara tuberculosa*), concha perlera (*Pteria sterna*), erizo rojo (*Loxechinus albus*), doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*), tucunare (*Cichla monoculus*), paiche (*Arapaima gigas*), yuyo (*Chondracanthus chamissoi*), *cushuro* (*Nostoc spp.*) y diversos peces amazónicos para el acuarismo.

Entre las instituciones que vienen logrando connotados avances podemos mencionar al IMARPE, FONDEPES, IIAP, Universidad Nacional de Piura, Universidad Nacional del Santa, Universidad Nacional Agraria La Molina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, *Universidad Peruana Cayetano Heredia*, Universidad Científica del Sur, Agromar y Marina Azul, muchas de ellas ya vienen desarrollando cultivos pilotos tanto en el mar como en estanques en tierra.

En base a los diversos estudios que se vienen desarrollando se prevé que en los próximos años el número de especies en cultivo se incrementara debido a que se cuenta con mayores

fondos para desarrollar investigación, transferencia tecnológica e innovación en Pesca y Acuicultura; dichos fondos provienen del Programa **Innovate Perú** y del **Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura (PNIPA)** que son fondos que financian proyectos en innovación empresarial, desarrollo productivo, emprendimiento, capacitación en pesca y acuicultura.

Existen aún una serie de especies que son potenciales para acuicultura peruana y que no han sido estudiadas en su totalidad, por otro lado, existen tecnologías en otros países para varias de nuestras especies que se requiere adaptarlas y acortar el tiempo de trabajo (Tabla 1).

Tabla 1. Especies potenciales para la acuicultura continental y marina peruana.

POR AMBIENTE ACUICOLA	NOMBRE COMÚN	ESPECIE	
MARICULTURA	Mero	<i>Epinephelus</i> sp <i>Mycteroperca</i> sp.	
	Corvina	<i>Cilus gilberti</i>	
	Robalo		<i>Centropomus nigrescens</i> <i>Sciaena starksii</i>
		Dorado	<i>Seriola lalandi</i>
	Chila	<i>Anisotremus scapularis</i>	
	Cabrilla	<i>Paralabrax humeralis</i>	
	Pinladilla	<i>Cheilodactylus variegatus</i>	
	Mero	<i>Epinephelus analogus</i>	
	Cherlo	<i>Acanthistius pictus</i>	
	Abalon	<i>Haliotis rufescens</i>	
	Tramboyo	<i>Labrisomus philippii</i>	
	Loro	<i>Oplegnathus insignis</i>	
	Babunco	<i>Girella laevisfrons</i>	
	Almeja	<i>Tranzenella pannosa</i>	
	Choro	<i>Aulocanya ater</i>	
	Almeja	<i>Semele solida / Gari solida</i>	
	Macha	<i>Mesodesma donacium</i>	
	Chanque	<i>Concholepas concholepas</i>	
	Ostra del pacifico	<i>Crassostrea gigas</i>	
	Erizo rojo	<i>Loxechinus albus</i>	
	Microalgas	Varias especies	
	Pelillo	<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	
	Yuyo	<i>Gigartina chamissoi</i>	
	Alga roja	<i>Porphyra columbina</i>	
	Algas pardas		<i>Macrocystis pyrifera</i> <i>Lessonia nigrescens</i> <i>Lessonia trabeculata</i>
		CONTINENTAL	Doncella
Sabalo de cola roja			<i>Brycon cephalus</i>
Boquichico	<i>Prochilodus nigricans</i>		
Paiche	<i>Arapaima gigas</i>		
Churo	<i>Pomacea maculata</i>		
Cochuro	<i>Nostoc</i> sp.		
Peces ornamentales	Varios amazonicos		

AGRADECIMIENTO

Se agradece a Jacqueline Palacios León por la revisión, sus comentarios y sugerencias al manuscrito.

REFERENCIAS

FAO (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Roma. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Paul M. Baltazar Guerrero, Jacqueline Palacios León y Lorenzo Mina Valdivia (2014). Producción, comercialización y perspectivas de desarrollo de la acuicultura peruana. *Científica* 11 (2):118-133.

Paul Martín Baltazar Guerrero, Jacqueline Palacios León (2015). La acuicultura en el Perú: producción, comercialización, exportación y potencialidades. *Foro Iberoam. Rec. Mar. Acui.* VII (2015): 293-305.

Paul Baltazar Guerrero (2019). Las oportunidades del Perú como país acuícola. *Foro Rec. Mar. Ac. Rias Gal.* (2019): 21:105-112. <http://foroacui.com/wp-content/uploads/2019/05/LIBRO-XXI-ForoAcui.pdf>.

Sociedad Nacional de Pesquería (2018a). Exportaciones pesqueras año 2018. <https://www.snp.org.pe/wp-content/uploads/2019/02/REPORTE-DE-LAS-EXPORT.-PESQUERAS-A%C3%91O-2018.pdf>

Sociedad Nacional de Pesquería (2018b). Memoria anual 2018. https://snp.org.pe/media/pdf/memoria-snp/Memoria_Institucional_de_la_SNP_2018.pdf.

Perspectivas del cultivo de chame en Iberoamérica, con especial referencia a Ecuador

Ana María Santana Piñeros, Yanis Cruz Quintana

Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador.

✉ amsantana@utm.edu.ec

INTRODUCCIÓN

El chame, camote del Pacífico, guavina o pocooyo, *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) es una especie anfídroma, común en las costas del Pacífico oriental (Garrido-Olvera *et al.* 2004) (Fig. 1A), de hábitos bentónicos en ambientes de agua salobre y corrientes turbias cercanas del mar (Rojas *et al.* 1994). Es un recurso pesquero y acuícola importante que se ha identificado como un producto indispensable en la dieta diaria de la población de la costa ecuatoriana (Vicuña, 2010) (Fig. 1B). El objetivo de esta conferencia fue resumir el conocimiento biológico, ecológico y de cultivo de la especie, así como mencionar los principales resultados de las investigaciones en *D. latifrons*, que hasta el momento se han desarrollado la Escuela de Acuicultura y Pesquería, Universidad Técnica de Manabí-Ecuador, así como proponer temas claves que contribuyan con el desarrollo de la acuicultura del chame.



Figura 1. Generalidad del chame *Dormitator latifrons*. **A.** Distribución de la especie. **B.** Importancia del chame en el Pacífico centro oriental.

Ciclo de vida

El conocimiento biológico y ecológico de *D. latifrons* es confuso y el conocimiento en aspectos sobre hábitos alimenticios y reproductivos es muy escaso. El chame presenta dimorfismo sexual, los machos poseen una papila genital triangular y las hembras redondeada con vellosidades (Ruiz-Campo, 2010) (Fig. 2A). Durante la época reproductiva, los machos exhiben el vientre amarillo y abultado, y presentan una hinchazón de grasa en la frente (Chang y Navas, 1984) mientras que las hembras presentan el vientre rojizo y abultado (Vicuña, 2010). Los adultos son predominantemente dulceacuícolas, principal zona de crecimiento mientras los alevinos son estuarinos (Fisher *et al.* 1995). En época de lluvia, la especie migra a ambientes salobres debido a cambios de los factores ambientales (precipitación y salinidad) que favorecen la reproducción (Chang y Navas, 1984). La especie madura sexualmente desde los 15 cm de longitud (Chang y Navas, 1984). Una vez los huevos son fertilizados, las pro-larvas eclosionan a las 7 h con tamaños de 1 a 1.3 mm de longitud y se desarrollan en post-larvas a las 72 h (Todd, 1975, Rodríguez-Montes de Oca *et al.*, 2012; López-López *et al.* 2015). Las larvas de chame migran río arriba (Chang y Navas, 1984) (Fig. 2B). A pesar que se conocen las generalidades del ciclo de la especie, faltan descripciones detalladas de larvas y juveniles, tiempo de desarrollo de cada estadio y variables ambientales que modulan la reproducción, entre otros.

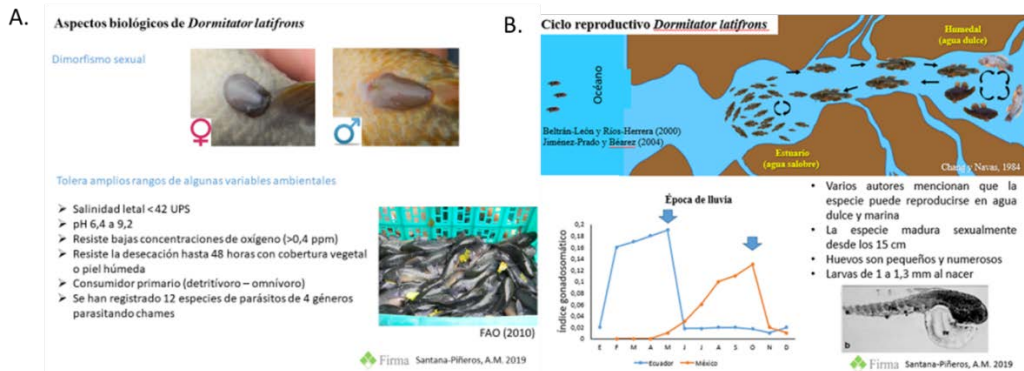


Figura 2. Ciclo de vida del chame *Dormitator latifrons*. A. Dimorfismo sexual. B. Ciclo reproductivo.

Acuicultura de chame

El chame es una especie que presenta importantes características como su tolerancia a salinidad, temperatura y oxígeno disuelto, además de ser resistente a la manipulación (Bonifáz *et al.*, 1985). Puede experimentar grandes variaciones de salinidad y sobrevivir largos periodos de exposición al aire (Chang, 1984). La mayoría de los acuicultores producen chame en sistemas extensivos, sin alimentación de balanceados ni control de parámetros fisicoquímicos del

estanque. Adicionalmente los juveniles que son sembrados en los estanques son capturados del medio natural en un 100% (EcoCostas, 2006), lo que se traduce en una dependencia total de organismos silvestres que soportan la acuicultura de la especie. En los sistemas de engorda según Vicuña (2010), la densidad de siembra para cultivo de chame es de alrededor de 5 peces por m^2 , con un periodo de cultivo de 5 a 8 meses alcanzando el tamaño comercial de 25-32 cm, con un peso de alrededor de 600 g (Fig. 3A). A partir del 2016, se ha observado que algunos productores de chame han empezado a tecnificar sus cultivos con el objetivo de intensificar los volúmenes de producción. Dentro de las modificaciones, está la construcción de estanques con geo-membranas, alimentación con balanceado de camarón, sistemas que proveen oxígeno e incrementos de densidades de siembra de 20 a 25 peces por m^2 (Fig. 3B).

A. Acuicultura: cultivos extensivos



FAO (2010)

- ✓ Juveniles de 12 a 15 cm de longitud se colectan de medio natural
- ✓ Densidades de siembra de 5 peces por m^2
- ✓ Periodo de cultivo de 5 a 8 meses alcanzando 600 g
- ✓ Sin alimento o se incorpora pasto picado y/o estiércol a la piscina
- ✓ Sin control de parámetros ambientales

Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

B. Cultivos intensivos



- ✓ Juveniles de 12 a 15 cm de longitud se colectan de medio natural
- ✓ Densidades de siembra de 20-25 peces por m^2
- ✓ Se incorpora alimento balanceado
- ✓ Sistema de aireación con recirculación de agua
- ✓ Periodo de cultivo de 3.5 meses alcanzando un peso promedio de 450 g

Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

Figura 3. Acuicultura del chame *Dormitator latifrons* en Ecuador. **A.** Cultivos extensivos. **B.** Cultivos intensivos.

Las estadísticas de producción de chame en Ecuador, reportadas por FAO (2016) muestran fluctuaciones a lo largo del tiempo, con picos de producción de 800 a 1200 toneladas durante el periodo 2003 a 2009 (Fig. 4). La producción no muestra un incremento debido a que el cultivo depende de los organismos colectados del ambiente natural por lo que uno de los puntos clave para el desarrollo del cultivo depende de la producción continua de larvas y el establecimiento de un protocolo de nutrición para la especie.

Existe una amplia aceptación del chame en mercado nacional e internacional

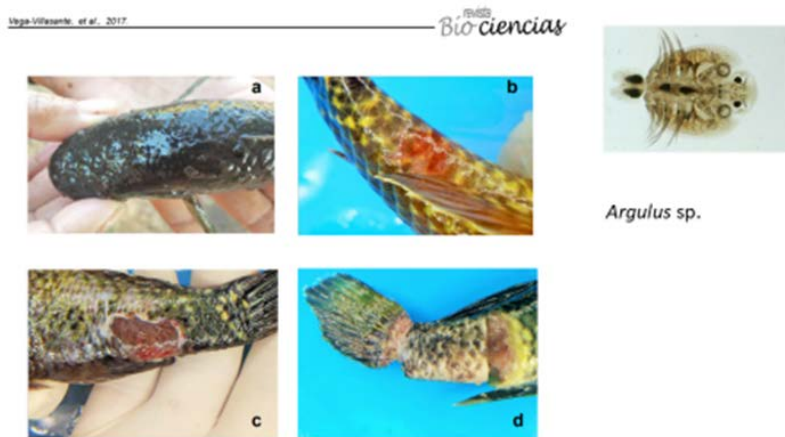


Figura 4. Volumen de exportación de chame *Dormitator latifrons* producido en sistemas de cultivo extensivo en Ecuador.

En los últimos años, en Ecuador y México, se han realizado investigaciones dirigidas a producción de alevinos, desarrollo y nutrición de larvas, con el fin de lograr producciones similares a otras especies de peces (López-López *et al.* 2015, Rodríguez-Montes de Oca *et al.* 2012, Badillo-Zapata *et al.* 2018). Los principales resultados de estos trabajos fue lograr la reproducción mediante la inyección o implante de GnRH α de salmón y domperidone o LHRH α en hembras y machos. Se determinó que el agua dulce hasta 5 UPS a una temperatura de 26°C promueve el proceso de activación, incubación y eclosión. La eclosión se observó a las 17 h de incubación, observándose el desarrollo de los individuos hasta el 6 día (López-López *et al.* 2015, Rodríguez-Montes de Oca *et al.* 2012).

Otro avance importante en el cultivo de chame fue determinar que la ganancia de peso de juveniles de chame no requiere de altos niveles de proteína ni lípidos. Estos resultados sugieren que el diseño de dietas para la especie debe contemplar menores niveles de proteína, lo que implica dietas con menores costos (Badillo-Zapata *et al.* 2018). Adicionalmente se ha reportado la primera especie de parásito (*Argulus* sp.) cultivos de chame (Fig. 5) (Vega-Villasante *et al.* 2017).

Acuicultura: cultivos pilotos en México



Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

Figura 5. Lesiones en tegumento debida al parásito *Argulus* sp. afectando a chames *Dormitator latifrons* en cultivos pilotos. Figura tomada de Vega-Villasante *et al.* (2017).

La mayoría de estudios de chame se han llevado a cabo en México, no obstante, Ecuador es el único país que cultiva la especie y tiene una tradición de su comercio tanto en el mercado nacional como internacional (Vicuña, 2010). Los productores extraen constantemente alevinos del estuario del río Chone y del río Esmeralda para ser llevados a sistemas de cultivos, desconociéndose la mayoría de los aspectos biológicos de la especie y los posibles impactos que esto puede traer tanto para los ecosistemas como para los sistemas de cultivo. Los alevinos provenientes de ambientes naturales pueden traer patógenos o contaminantes, situación que puede ocasionar grandes pérdidas económicas. Adicionalmente, la dependencia de organismos de ambientes naturales no permite abastecer los mercados internacionales. En ese sentido, se planteó una investigación para estudiar algunos aspectos biológicos de la especie y así contribuir con el conocimiento de *D. latifrons*. Se colectaron 295 ejemplares de *D. latifrons* mensualmente en tres sitios (2 ambientes naturales y uno de producción) localizados a lo largo del Sistema Carrizal - río Chone, provincia de Manabí, Ecuador, entre los meses de febrero y agosto del 2018 (temporadas de lluvias y secas) con el fin de caracterizar los parámetros sanguíneos, estadios gonadales, parásitos y daños histológicos asociados (Fig. 6).

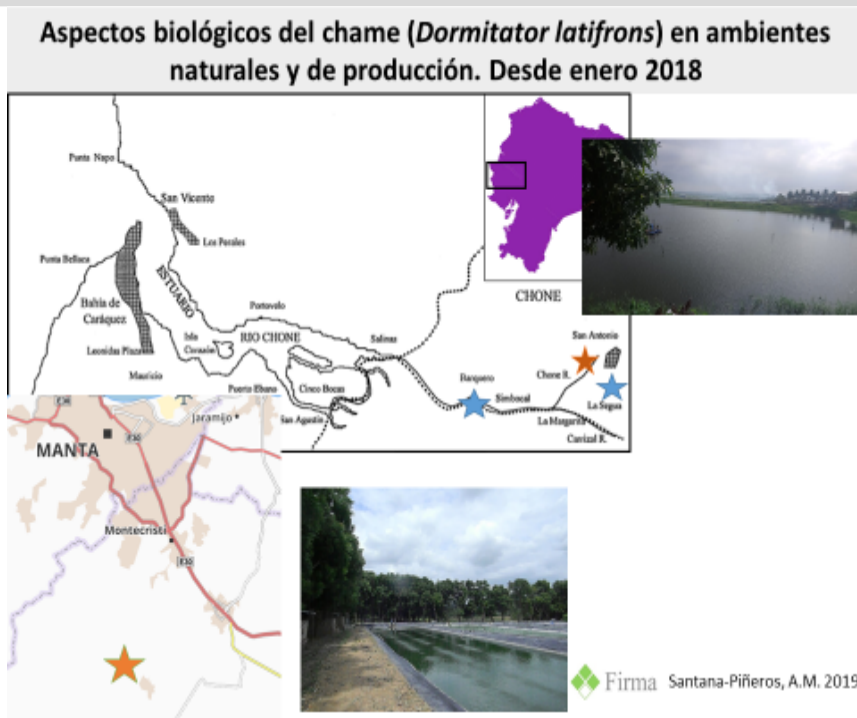


Figura 6. Área de estudio del proyecto “aspectos biológicos del chame *Dormitator latifrons* en ambientes naturales y de producción.

Caracterización de las fases de desarrollo gonadal

El conocimiento de los aspectos biológicos del desarrollo gonadal es esencial para la producción en cautiverio de cualquier especie, dado que permite seleccionar organismos saludables que produzcan gametos viables y garantizar suministro continuo de semillas. Se hicieron las descripciones macro y microscópicas del sistema reproductivo de hembras y machos, así como las fases de desarrollo gonadal. Al final del estudio se propusieron las escalas de madurez gonádica para machos y hembras. El análisis del índice gonadosomático (IGS) indica que en los meses de abril y mayo hay un incremento en los ovarios conforme van madurando, indicando un pico de reproducción durante estos meses, a diferencia de los meses de junio a agosto donde el IGS disminuye.

En la descripción microscópica el ovario del chame a medida que va desarrollando presenta oocitos primarios, luego estos se transforman en alveolos corticales, pasan a oocitos vitelogénicos primarios, secundarios y terciarios, posteriormente ocurre la ruptura de la vesícula

germinal, hidratación para proceder con la ovulación quedando en el ovario folículos postovulatorios, y oocitos atresicos ya que no completaron la maduración, concordando con lo descrito por Brown-Peterson *et al.* (2011) (Fig. 7). En los machos de *D. latifrons*, las fases de desarrollo gonadal del testículo están relacionada con la presencia de espermatogonias, espermatocitos y espermátides en diferentes estadios de desarrollo, espermatozoides, concordando con Brown-Peterson *et al.* (2011) y Sánchez *et al.* (2013) (Fig. 7).



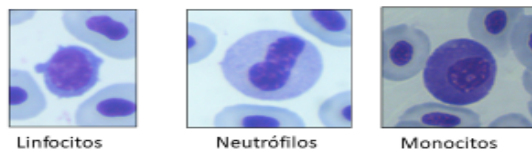
Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

Figura 7. Caracterización de las fases de desarrollo gonadal de chame *Dormitator latifrons* colectados en el estuario del río Chone.

Células sanguíneas y parámetros hematológicos del chame

Los valores hematológicos son ampliamente usados como índices que ayudan a determinar el estado fisiológico y de salud de los peces, así como diagnosticar muchos desordenes y enfermedades (Tripathi *et al.* 2004). Esta herramienta es empleada en acuicultura, ya que permite relacionar procesos de nutrición, calidad de agua y enfermedades en cautiverio, teniendo la ventaja de ser un método no letal y económico (Fazio, 2019). El principal resultado fue encontrar diferencias en la mayoría de los parámetros hematológicos del chame en función del sitio muestreado y la temporada climática, es decir, los parámetros hematológicos variaron en función a la edad y probablemente a la biología de la especie (Fig. 8). En la tabla 1 se muestran los tamaños de las diferentes células sanguíneas.

Descripción de las células sanguíneas y parámetros hematológicos



Parámetros sanguíneos	La Segua	Larrea	Sistema de producción	Temporada seca	Temporada lluvia
RBC ($\times 10^6/\mu\text{l}$)	3,08 \pm 0,81	2,70 \pm 0,80	2,89 \pm 0,73	2,90 \pm 0,73	2,87 \pm 0,88
WBC ($\times 10^3/\mu\text{l}$)	11,55 \pm 8,41	11,97 \pm 10,54	5,08 \pm 4,88b	8,20 \pm 6,03a	11,55 \pm 11,72
Hematocrito (%)	49 \pm 8,36	41 \pm 7,40	38 \pm 9,81	44,20 \pm 10,59	41 \pm 7,89
Hemoglobina (g/dL)	11,63 \pm 2,66	9,08 \pm 2,23	8,92 \pm 2,55	10,57 \pm 2,53	8 \pm 2,29
MCH (pg)	391,23 \pm 50,45	148,80 \pm 40,41	142,52 \pm 33,34	157,14 \pm 38,43	142,89 \pm 50,59
MCHM (pg/dL)	40,76 \pm 12,08	31,22 \pm 6,88	33,51 \pm 10,20	37,31 \pm 10,44	27,37 \pm 8,08
CHCM (g/dL)	22,82 \pm 3,73	20,99 \pm 4,34	23,29 \pm 4,18	23,60 \pm 3,22	19,65 \pm 5,00
Linfocitos (%)	37 \pm 22,03	58 \pm 27,10	58 \pm 26,75	50 \pm 29,23	51 \pm 25,30
Neutrófilos (%)	50 \pm 20,36	33 \pm 23,90	34 \pm 24,26	37 \pm 24,98	41 \pm 23,26
Monocitos (%)	12 \pm 9,55	9 \pm 9,12	8 \pm 6,69	12 \pm 10,64	7 \pm 6,38
Basófilos (%)	>1	>1	>1	>1	>1

Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

Figura 8. Parámetros sanguíneos de chames *D. latifrons* colectados en ambiente natural y de producción.

Tabla 1. Diámetros de las células sanguíneas de chame *D. latifrons* por localidad muestreada. En las celdas se muestran los valores mínimo y máximo y el promedio \pm desviación estándar.

Célula sanguínea	La Segua (μm)	Larrea (μm)	Chamera (μm)
Eritrocitos	7 a 11 (9.10 \pm 0.62)	5.5 a 11 (9.02 \pm 0.57)	6.5 a 11 (8.66 \pm 0.68)
Neutrófilos	6 a 17 (10.74 \pm 1.51)	6 a 17 (10.15 \pm 2.12)	7 a 15 (10.21 \pm 1.47)
Linfocitos	4 a 9 (5.57 \pm 0.89)	4 a 9 (5.59 \pm 0.96)	3 a 9 (5.35 \pm 1.00)
Monocitos	9 a 19 (11.83 \pm 1.98)	7 a 18 (10.66 \pm 2.26)	7 a 17 (11.46 \pm 1.95)

Parásitos y daños histológicos asociados

Se identificaron 8 especies de parásitos en *D. latifrons*; 4 digéneos, un cestodo, un nematodo, un acantocéfalo y un hirudineo. Seis especies fueron encontradas en estadios larvales parasitando varios órganos, mientras dos especies estuvieron en estadio adulto *Saccocoeloides lamothei* y *Piscicola* sp. las cuales fueron registradas en intestino y piel, respectivamente. Todos los parásitos estuvieron presentes en Larrea; donde *Ascocotyle* (*P.*) sp. y *Echinochasmus* sp. tuvieron la prevalencia e intensidad media más alta (Fig. 9A). El humedal La Segua presentó 4 especies, *Contracaecum* sp. y *Echinochasmus* sp. tuvo la prevalencia e intensidad media más alta (Fig. 9A). En el sistema de cultivo se encontraron cinco especies de parásitos, donde *Ascocotyle* (*P.*) sp. presentó una mayor prevalencia e intensidad media (Fig. 9A). En los tres sitios de muestreos se observó que varias especies de parásitos presentaron prevalencias entre el 15 y 67% sin embargo, las menores intensidades de infección fueron observadas en organismos

en cultivo. A pesar que los sistemas de cultivo de chame son rústicos, los bajos niveles de infección por parásitos indican una ruptura de los ciclos biológicos de dichas especies.

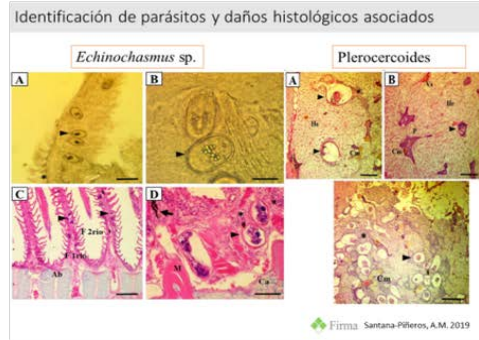
A.

Identificación de parásitos y daños histológicos asociados

Sitio	Parasitos	Prevalencia (%)	Intensidad Media	Abundancia
Humedal La Segua	<i>Contracaecum</i> sp.	60.24	23.26	1163
	<i>Ascocotyle</i> sp.	28.51	6.36	140
	<i>Echinochasmus</i> sp.	25.30	52.62	1105
	Pterocercoid*	22.22	9.58	479
	<i>Ascocotyle</i> sp.	65.67	76.36	3360
Larrea	<i>Echinochasmus</i> sp.	43.28	55.86	1620
	<i>Saotvelilina</i> sp.	20.90	1.14	16
	<i>Sanguisuela</i>	41.79	6.21	174
	<i>Contracaecum</i> sp.	8.96	2.66	16
	Pterocercoides	1.49	10	10
	<i>Saccocauloides</i> sp.†	31.34	18.14	381
	Bucefalidae sp.	1.49	3	3
	<i>Ascocotyle</i> sp.	52.00	15.44	602
	<i>Echinochasmus</i> sp.	28.00	3.71	78
	<i>Saotvelilina</i> sp.	18.67	1.36	19
Chamera	<i>Contracaecum</i> sp.	24.00	2.05	37

Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

B.



C.



Figura 9. Identificación de parásitos en *Dormitator latifrons* colectados en ambientes naturales y de producción. A. Parámetros de infección; B. Daños histológicos; C. Bacterias patógenas.

Cinco especies de parásitos fueron encontradas en los cortes histológicos infectando diferentes órganos y tejidos (branquias, intestino, hígado, corazón y tejido adiposo) (Fig. 9B). Las metacercarias *Ascocotyle* (*P.*) sp. y *Echinochasmus* sp. fueron las especies que mostraron mayor daño en los tejidos, la infección induce hiperplasia del epitelio, produciendo deformaciones y engrosamiento del epicondrio y de los filamentos primarios, en ocasiones reducción de los filamentos secundarios. En ambos casos provocan daños focales y generan reacciones inflamatorias que reducen el tejido respiratorio. Otros patógenos identificados en cultivo fueron las bacterias *Aeromonas hydrophila* y *Enterococcus* sp. Ambas bacterias entran a los sistemas de cultivo a través de la siembra de semilla infectada ocasionando mortalidad y pérdida en la tasa de crecimiento (Fig. 9C).

Identificación de cuellos de botella para desarrollar el cultivo de chame

El chame presenta características biológicas que hacen pensar que es factible desarrollar su tecnología acuícola y lograr grandes volúmenes de producción para satisfacer mercados locales (latinos) e internacionales (asiáticos o estadounidenses). Algunos estudios mencionan que es una especie de rápido crecimiento, de cadena alimentaria corta (detritívoro), que acepta piensos fácilmente como los de tilapia y camarón, es una especie resistente a enfermedades, de buena calidad gastronómica, de maduración temprana, alta fecundidad y tolerancia amplia a variables ambientales. Adicionalmente tiene la ventaja de tolerar traslados sin agua por varias horas, así como de sobrevivir a cambios de salinidad sin necesidad de tener protocolos de aclimatación (Fig. 10).

Características de *Dormitator latifrons* que hacen factible su tecnología acuícola

Característica	<i>Dormitator latifrons</i>
Crecimiento rápido	✓
Cadena alimentaria corta	✓
Conversión eficiente de alimento	?
Aceptación fácil de piensos	✓
Buena calidad gastronómica	✓
Resistencia a enfermedades	✓
Facilidad de reproducción en cautiverio	?
Maduración temprana	✓
Alta fecundidad	✓
Tolerancia a una amplia gama de variables ambientales	✓
Calidad de carne	?
Costos de producción	?

rccp
Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias
Production of "Chame" (*Dormitator latifrons*, Pisces: *Discostomatidae*) using *Garra* and *Leishia*

Firma Santana-Piñeros, A.M. 2019

Figura 10. Características biológicas de *Dormitator latifrons* que hacen factible el desarrollo de la acuicultura de la especie.

Sin embargo, pese a que se conocen estas características es necesario establecer varias líneas de investigación para desarrollar la tecnología:

1. Nutrición: establecer protocolos de alimentación de la especie, calidad de la carne, conversión alimenticia, tasa de crecimiento incluyendo varios sistemas de cultivo.
2. Bioeconomía: determinar los costos de producción, identificación de productores de chame y caracterización de sistemas de cultivo, determinar las ganancias del producto en mercado nacional e internacional.
3. Reproducción: establecer protocolos de reproducción continua, mejoramiento genético de semilla, entre otros.

4. Sanidad: establecer protocolos de prevención y monitoreo de enfermedades.

La acuicultura de chame tiene un futuro promisorio, ya que existe una amplia tradición en las costas ecuatorianas de cultivarlo y consumirlo, así como un mercado internacional incipiente. El mayor desafío en el avance del cultivo de esta especie es el abastecimiento continuo de alevinos y el desarrollo de protocolos de alimentación en las primeras etapas de vida. En este sentido, es recomendable dirigir investigaciones en estos temas.

REFERENCIAS

- Badillo-Zapata D., Zaragoza F., Vega-Villasante F., López-Huerta J.M., Herrera-Resendiz S., Cueto-Cortés L., Guerrero-Galvan S.R. (2018). Requerimiento de proteína y lípidos para el crecimiento de juveniles del pez nativo *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14):345-351.
- Bonifáz N., Campos M., Castelo R. (1985). El chame, una nueva fuente de alimentación e ingresos. Fundación Ciencia, Quito, 173 pp.
- Brown-Peterson N., Wyanski D., Saborido-Rey F., Macewicz B., Lowerre-Barbieri, S. (2011). Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes, Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem. *Science*, 3(1):52-70, DOI: 10.1080/19425120.2011.555724
- Chang B.D. (1984). Tolerances to salinity and air exposure of *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae). *Revista de Biología Tropical*, 32(1):155-157.
- Chang B.D., Navas, W. (1984). Seasonal variations in growth, condition and gonads of *Dormitator latifrons* (Richardson) in the Chone River Basin, Ecuador. *Journal of Fish Biology*, 24:637-648.
- EcoCostas. (2006). El Cultivo de Chame (*Dormitator latifrons*) en el Estuario del Río Cojimíes. Proyecto para la conservación y desarrollo del estuario de Cojimíes (SUCCESS). Ecuador.
- FAO. (2016). "FishStatJ - Software for Fishery Statistical Time Series." Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department. <http://www.fao.org/fishery/topic/166235/en>.
- Fazio F. (2019). Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: A review. *Aquaculture*, 500:237-242.

- Fischer W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K.E., Niem V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen II. Vertebrados Parte I. 1200 p.
- Garrido-Olvera L., García-Prieto L., Mendoza-Garfias B. (2016). Helminth Parasites of the Pacific Fat Sleeper, *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) (Osteichthyes: Eleotridae) from Tres Palos Lagoon, Guerrero, Mexico. *The American Midland Naturalist*, 151(1):165-169.
- López-López V.V., Rodríguez-Montes De Oca G.A., Galavíz M.A., Román-Reyes C., Medina-Hernández E.A., Dabrowski K., Haws, C. (2015). Descripción histológica comparativa del desarrollo del sistema digestivo y visual de larvas de chame *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43:484-494.
- Rodríguez-Montes de Oca G., Medina-Hernández E., Velázquez-Sandoval J., López-López V., Román-Reyes J., Dabrowski K., Haws M. (2011). Production of “Chame” (*Dormitator latifrons*, Pisces: Eleotridae) larvae using GnRH α and LHRH α . *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 25:422-429.
- Rojas J.R., Pizarro J.F., Castro M.V. (1994). Diversidad y abundancia íctica en tres áreas de manglar en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 42(3):663-672.
- Ruiz-Campos G. (2010). Catálogo de peces dulceacuícolas de Baja California Sur. Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, México, D. F. 169 pp.
- Sánchez J., Perea A., Buitrón B., Romero L. (2013). Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. (Scale of gonad maturity stages of Jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols 1920). *Revista Peruana de Biología*, 20(1):35-44.
- Todd E.S. (1975). Vertical movements and development of the prolarvae of the eleotrid fish, *Dormitator latifrons*. *Copeia*, 3:564-568.
- Tripathi N.K.; Latimer K.S.; Burnley V.V. (2004). Hematologic reference intervals for koi (*Cyprinus carpio*), including blood cell morphology, cytochemistry, and ultrastructure. *Veterinary Clinical Pathology*, 33:74–83.
- Vega-Villasante F., Cueto-Cortes L., Basto-Rosales M.E., Badillo-Zapata D., Chong-Carrillo O., Ruiz-González L.E., Ríos-González K.G., Vargas-Ceballos M.A., Galavíz-Parada J.D., Montoya-Martínez C.E. (2017). Presencia de *Argulus* sp. en un cultivo de *Dormitator*

latifrons: prevalencia, mortalidad y tratamiento. *Revista Biociencias*, <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.04.06.05>

Vicuña O. (2010). *Dormitator latifrons* (Chame). In: Flores-Nava A. y A. Brown (eds.) Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Serie Acuicultura en Latinoamérica, número 1. pp: 63-70.

Experiencias de implementación de sistemas piscícolas en comunidades del resguardo indígena Arhuaco de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

Juan C. Durán Izquierdo, Adriana Patricia Muñoz Ramírez

Grupo de Investigación UN-ACUICTIO, Departamento de Producción Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia- Sede Bogotá, Bogotá, Colombia

✉ jcdurani@unal.edu.co

INTRODUCCIÓN

El crecimiento mundial promedio de la actividad acuícola es superior a otros sectores; mientras que la acuicultura ha crecido en promedio 5,8% en lo que va el presente milenio, actividades pecuarias y agrícolas apenas alcanzan un 3% (Ahmed *et al.*, 2014, FAO, 2018). El informe del Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura presentado por la FAO (2018) indica que el pescado aporta cerca del 17% de la proteína animal consumida en el mundo. De esta manera, el cultivo controlado de organismos en medio acuático, como se define la acuicultura, es una alternativa rentable para mitigar la demanda de alimento generada por el rápido crecimiento de la población mundial. Al presentar diversidad de sistemas y de intensificación, permite producir más alimento por gota de agua y por área de cultivo, que son indispensables para lograr seguridad alimentaria, generación de empleo y mejoras sociales en ámbitos locales (Ahmed *et al.*, 2014, Béné *et al.*, 2016, FAO, 2018, Hanjra y Qureshi, 2010). Entre las técnicas acuícolas extensivas se encuentra el Sistema de Agro Acuicultura Integrada – SAAI (IAAS, por sus siglas en inglés), definido como un modelo de producción sostenible (Fig. 1) formado por la asociación interactiva de varios subsistemas productivos (FAO, 2004), en el cual se integran la Acuicultura Rural en Pequeña Escala (ARPE) con dinámicas productivas agrícolas, pecuarias y sociales (Murray y Little, 2000; Fig. 2).

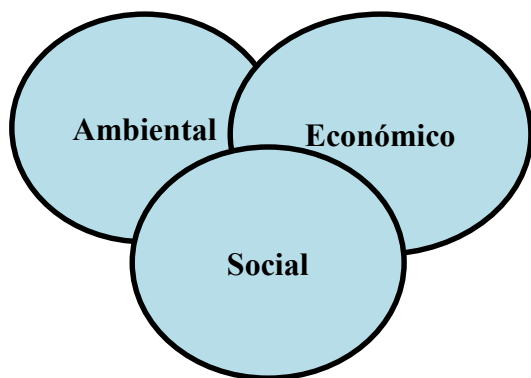


Figura 1. Representación de los sistemas sostenibles.

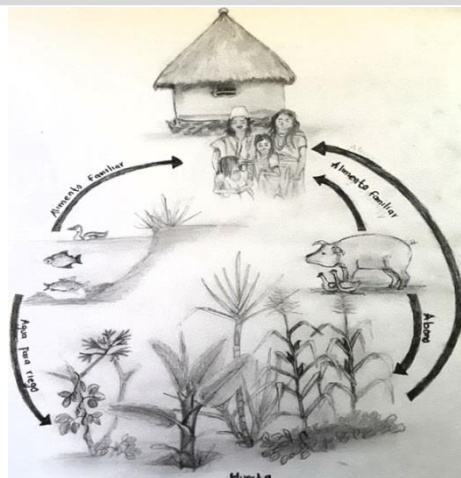


Figura 2. Diagrama aplicado de los SAAI en la comunidad de Jimain.

Características de los Sistemas de Agro Acuicultura Integrada

- Menos invasivos al entorno.
- Mayor diversificación de la producción.
- Mayor aprovechamiento los ecosistemas del predio.
- Reciclado de materia orgánica.
- Uso suplementos locales para la alimentación.

Los SAAI son considerados como la producción, gestión integrada y uso conjunto de la **acuicultura, agricultura y ganadería** con énfasis en la acuicultura.

Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) Colombia

La Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) está al norte de Colombia, entre los departamentos de Cesar, Guajira y Magdalena (Fig. 3 y 4); está habitada por cuatro etnias indígenas, Arhuacos, Kankuamos, Koguis y Wiwas (Herrera, 1985) que suman alrededor 50 mil personas, de los cuales los Arhuacos son el pueblo más numeroso, con más de 30 mil habitantes. Esta etnia está organizada por comunidades que se encuentran distribuidas desde el nivel del mar hasta las zonas más altas de la SNSM, donde predominan huertas con cultivos de maíz, plátano y yuca, con crías de patio como gallinas, cerdos, patos y camuros (Torres, 2002). En el período prehispánico, los indígenas articulaban los procesos productivos, urbanísticos y sitios de pagamentos desde el nivel del mar hasta altitudes próximas a los 2.500 m.s.n.m. Desde la costa

el pescado y la sal, se intercambiaba con hortalizas y otros bienes agrícolas en las zonas altas y viceversa. Con la llegada de colonizadores se propició migración indígena a tierras altas y destruyó calendario productivo. Declarada por la UNESCO Reserva del Hombre y de la Biosfera en 1979 (Vilora de la Hoz 2005, Herrera, 1985).

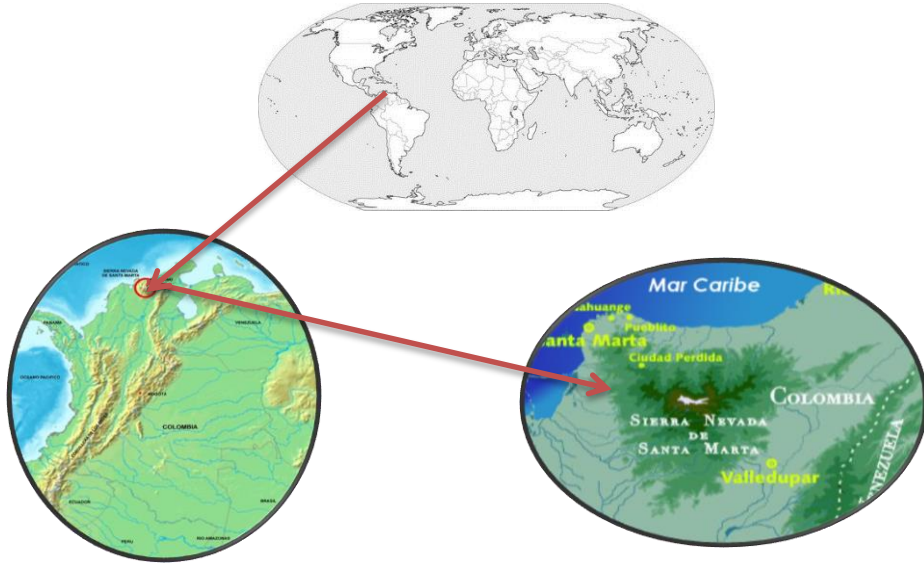


Figura 3. Ubicación de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia.

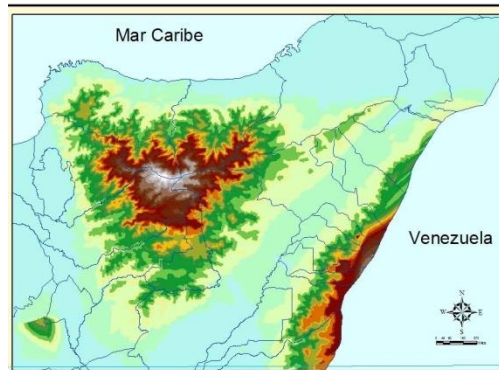


Figura 4. SNSM (IGAC, 2018) Mapa digital integrado, Bogotá.

1. Particularidades de los territorios de Resguardo de la SNSM

- Población: cuatro etnias.
- Cosmogonía.

- Los resguardos son entes territoriales.
- Necesidad de producción de alimentos.
- Consultas.
- Visión Indígena del desarrollo: es el equilibrio que se debe lograr entre respetar y conservar la Madre Tierra y la satisfacción de las necesidades básicas de la comunidad haciendo uso de los recursos de su entorno.
- Seguridad alimentaria: existe la restricción de uso de tierras para cultivos (30%) Vs carácter sagrado de la tierra/conservación (70%).

Establecimiento primera unidad: Comunidad de JIMAÍN – SAAI

Uno de los propósitos de este sistema fue establecer las condiciones adecuadas de cultivo para darle continuidad a este cuando se terminara la fase experimental. Para esto se incluyeron miembros de la comunidad, tanto adultos como niños, en las labores diarias de mantenimiento con el fin de adaptarlas en su rutina habitual. Es clave tener en cuenta que este tipo de producciones no eran de conocimiento en la zona, por lo tanto, el aprendizaje práctico facilitó su adopción por la comunidad. Principales características:

- No antecedentes de acuicultura.
- Territorios de manejo especial.
- Usos y costumbres tradicionales (Fig. 5).
- Población: 1000 personas.
- Altura: 300 msnm.
- Temperatura promedio: 29 °C.
- Pluviosidad promedio de 1124 mm por año.
- Requerimiento a las autoridades para iniciar los trabajos.
- Adecuación de terreno para estanques para instalación de estanques (Fig. 6).
- Estanque: 2.
- Área: 200 y 80 m².
- Profundidad: 1,20 metros.
- Entrada y salida de agua para cada estanque.
- Estanques con sustratos.
- Sustratos: 36% de la superficie de cada estanque.



Figura 5. Trabajos realizados en la comunidad de Jimaín y viviendas tradicionales.



Figura 6. Actividades de adecuación para la instalación de SAAI EN Jimaín.

Dietas alternativas

Para la alimentación de los peces se fabricaron dos dietas suplementarias (para alevinaje y levante), siguiendo la fórmula previamente desarrollada para el SAAI en la comunidad de Jimain (Fig. 7). La composición proximal de estas dietas fue analizada en el Laboratorio de Nutrición

Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia.



Figura 7. Fabricación de dos dietas suplementarias (para alevinaje y levante) con materias primas locales.

Actividades de seguimiento

Con el acompañamiento de miembros de la comunidad, se realizaron las siguientes actividades (Fig. 8):

- Pesaje y medición inicial, cada 30 días y al finalizar.
- Registros diarios de calidad de agua.
- Fabricación de dietas.
- Cuidados de la huerta.
- Capacitación.
- Socialización de resultados.
- Investigación-Acción participativa.
- Desarrollo de una guía práctica sobre SAAI.

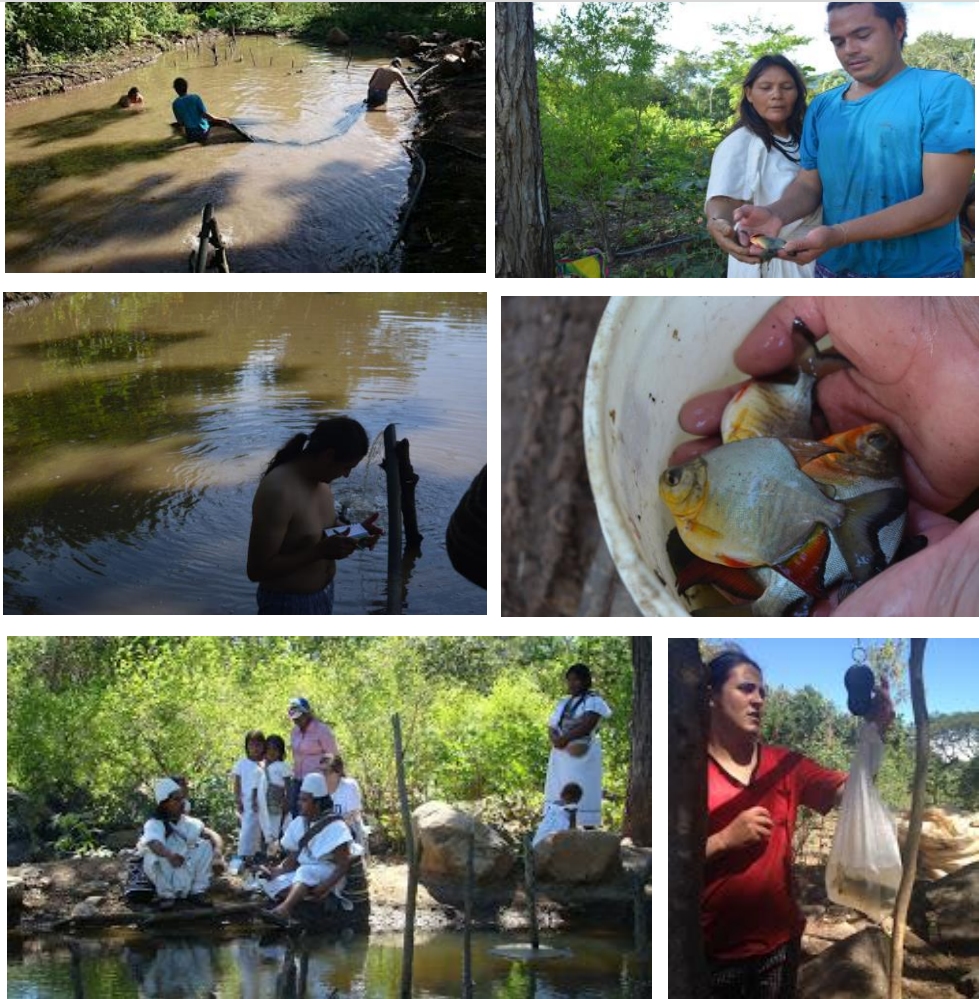


Figura 8. Actividades de seguimiento al cultivo de peces en SAAI.

Establecimiento segunda unidad: Sra. Carmen y familia – SAAI

Se estableció una segunda unidad demostrativa en propiedad privada, con el fin de incentivar a la comunidad a generar dinámicas productivas familiares y mejorar los ingresos. Las actividades desarrolladas comprendieron la adecuación de estanques y de fuentes de agua, siembra, monitoreo de parámetros zootécnicos y de calidad de agua (Fig. 9).



Figura 9. Actividades en la segunda unidad demostrativa.

Establecimiento tercera unidad: Sr. Jeremías y familia – SAAI

El alcance de la primera y segunda unidad del sistema, con las particularidades propias de cada una, permitió transmitir el modelo a una tercera fase con otros integrantes de la comunidad. Este proceso comenzó con el interés de esta familia por implementar el cultivo en su territorio. Para esto se realizó una visita de diagnóstico donde se evaluaron las condiciones de espacio, las características del suelo, determinadas por el uso previo del mismo, la disponibilidad de agua a lo largo del año, la oferta de recursos vegetales para alimentación de los peces y la disposición de la familia para llevar a cabo este proceso y darle continuidad en el tiempo. Después de determinar la factibilidad para continuar el proceso se realizó una segunda visita para comenzar con la construcción del estanque, esta parte se logró con el apoyo de toda la familia incluidos los menores de edad, cabe resaltar la importancia de la estructura familiar y el tamaño de la misma ya que en este tipo de labores hay mucho trabajo manual. El estanque se construyó de 25 m² aproximadamente y teniendo en cuenta las condiciones del suelo, no se hizo necesario impermeabilizar (Fig. 10).



Figura 10. Actividades en la tercera unidad demostrativa.

Establecimiento cuarta unidad: Investigación - sustratos para fijación de perifiton: Comunidad Jimaín – Waku

Se evaluó el efecto del uso de sustratos para la fijación de perifiton en SAAI en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Se manejó un policultivo de cachama híbrida (♀ *Piaractus brachypomus* x ♂ *Colossoma macropomum*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*), durante 135 días en seis estanques de 90 m² cada uno (18 m x 5m), con 1,5 cachamas/m² y 1,5 bocachicos/m² y 0,49 ± 0,14 g y 1,83 ± 1,61 g respectivamente de peso vivo. Los estanques contaban con plástico negro (calibre 6) para controlar la filtración y recambio de agua para reponer las pérdidas por evaporación y filtraciones ocasionadas por el manejo (0,6 x L/s) (Fig. 11). Se realizaron biometrías quincenales (Fig. 12). Los peces fueron sembrados 40 días después de instalados los sustratos y llenados los estanques, momento el cual se observó abundante formación perifítica, coincidiendo con lo relatado por Azim, *et al.* (2001), Azim *et al.* (2002) y García *et al.* (2011).



Figura 11. Proceso de construcción de los estanques y material para fijación de perifiton.



Figura 12. Biometría de cachamas y bocachicos en SAAI con participación comunitaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No fueron encontradas diferencias estadísticamente significativas para ninguno de los parámetros estudiados para las especies estudiadas (Fig. 13).

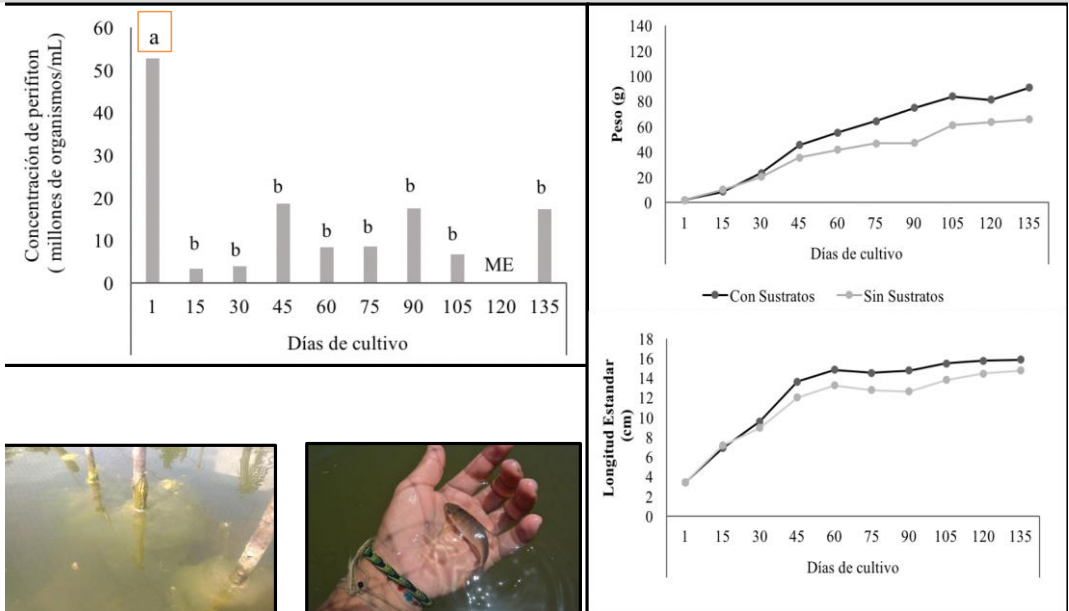


Figura 13. Comportamiento del crecimiento del perifiton y del peso (g) y longitud estándar (cm) del bocachico en el sistema de agro acuicultura integrada, con y sin uso de sustratos durante el cultivo.

Diagrama de flujo de Bio-Recursos

Una de las herramientas clave en SAAI señaladas por Prein (2002) para la optimización del uso de los nutrientes es el Diagrama de Flujo de Bio Recursos (DFBR), en el cual los acuicultores visualizan entradas y salidas dentro y fuera de su finca y el potencial para enlazarlo con el estanque. El DFBR refleja de forma clara los objetivos productivos del acuicultor y el potencial de la finca. El DFBR del sistema de policultivo en SAAI es presentado en la Fig. 14.

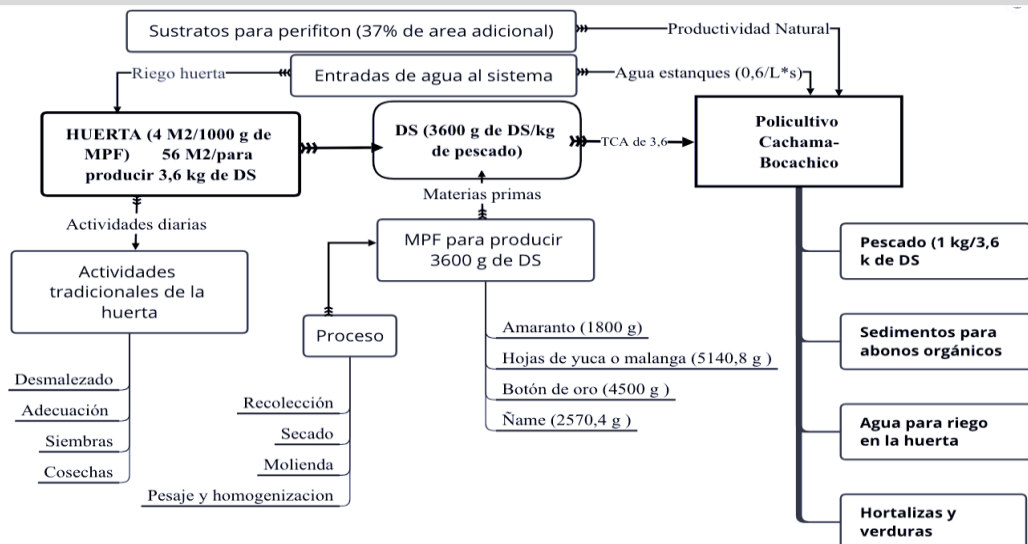


Figura 14. Diagrama de flujo de bio-recursos con énfasis en las interacciones generadas a partir de la introducción de la acuicultura a las actividades tradicionales de la Huerta (MPF= Materia Prima Fresca; M2= Metro Cuadrado; DS= Dieta Suplementaria; TCA= Tasa de Conversión Alimenticia)

Establecimiento quinta unidad: Comunidad de NABUSÍMAKE - ÁGORA

Teniendo en cuenta la introducción de sistemas piscícolas en el territorio Arhuaco de la Sierra Nevada de Santa Marta, se estudió la sostenibilidad de tres cultivos de peces en dos comunidades Arhuacas, a través del cálculo y análisis de índices energéticos. Los sistemas piscícolas evaluados se localizaron en el territorio Arhuaco del departamento del Cesar, en las comunidades de Nabusímake y Jimaín. La comunidad de Nabusímake es considerada la capital del pueblo Arhuaco, se localiza en la cabecera del río Fundación, a 22 Km del municipio de Pueblo Bello, a una altura de 1.820 msnm y con población de 5.488 habitantes (CIT 2018) (Fig. 15). La principal actividad es la agricultura familiar en huertas que no superan las dos hectáreas de extensión, utilizadas para establecer cultivos como hortalizas, frutas, bastimento (banano verde-guineo, yuca), café, caña y algunas producciones de traspatio como gallinas, cerdos y ovejos. La toma de datos para el sistema de producción de trucha se realizó en la granja Ágora donde se instalaron los estanques para tal fin. La trucha arcoíris, fue introducida en el año 1960 por los Misioneros Capuchinos asentados en Nabusímake (comunicación personal 2016).



Figura 15. Comunidad de Nabusimake en la SNSM, Colombia.

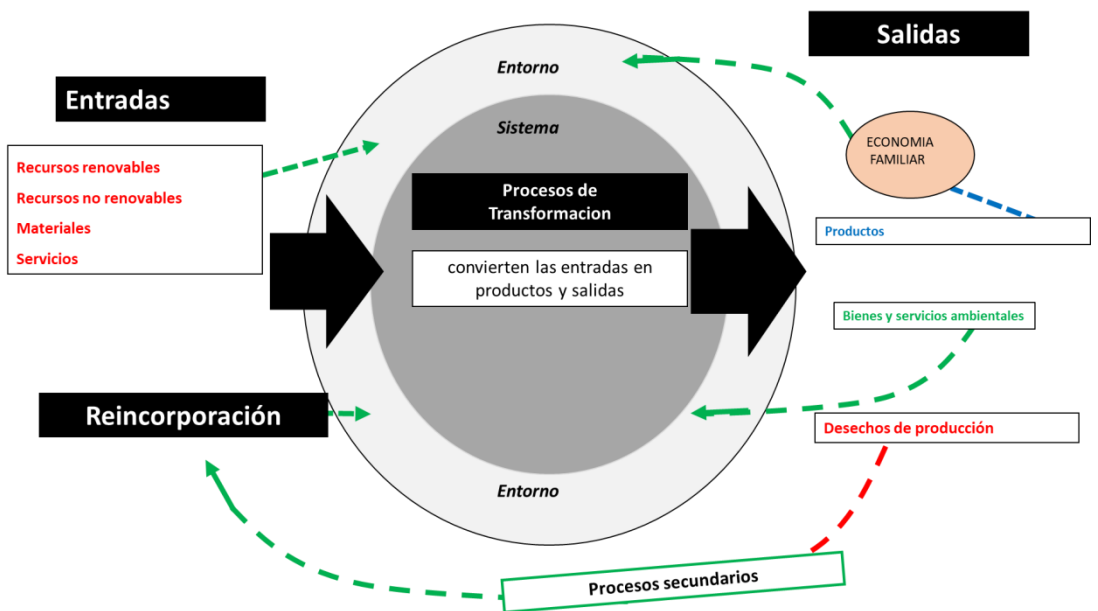


Figura 16. Procesos de diagramación para el análisis energético realizado con las experiencias de establecimiento piscícola en la región.

La evaluación energética mostró que todos los sistemas son altamente dependientes de recursos no renovables como el agua y suelo, así como de materiales provenientes de la

economía humana como alimento y materiales para la adecuación de estanques. Asimismo, los índices energéticos indicaron que los policultivos de cachama y bocachico, con o sin uso de perifiton, son sistemas con nivel de sostenibilidad similares, sin embargo, el cultivo de trucha mostró ser más eficiente, al incorporar menos energía por valor de producto.



Figura 17. Actividades realizadas durante la investigación.

13. Sexta unidad: SWAKA - Centro de enseñanza de agro-acuicultura indígena (*lugar para pensar*)



Figura 88. Estanques construidos utilizando técnicas novedosas a fin de asegurar mayor control sobre los sistemas productivos

Otras actividades realizadas en el marco del establecimiento de sistemas agro acuícolas en la región

- Se compartió la experiencia en la comunidad con escuelas de la región (Fig.17).
- Dos talleres de transformación y conservación de pescado.

Apreciaciones culturales

- Mayor participación en las labores de cuidado, mantenimiento de los estanques y elaboración de dietas.
- Nuevo modelo productivo. (Fig.18).
- Adopción de calendarios productivos regionales, señalados como positivos.
- Conocimiento local tradicional.

- Apropiación secundaria de los modelos.
- Reflexiones sobre la memoria agro-alimentaria de la comunidad.

REFLEXIONES FINALES

- Generación de **nuevos escenarios** en la permacultura y la agroecología en los territorios de manejo especial (Fig. 19).
- Posibilidad de producir **pescado y alimento adicional** combinando los SAAI y el uso de perifiton **sin utilizar alimento comercial**.
- Los sistemas son altamente atractivos en términos de **viabilidad e independencia económica**.

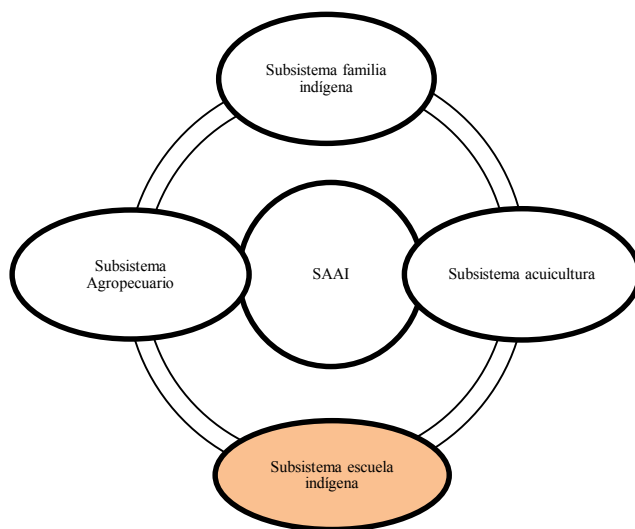


Figura 19. Estructura sistema de la actividad acuícola resultante en las experiencias manejadas en la SNSM.

REFERENCIAS

Ahmed, N., Ward, J. D., & Saint, C. P. (2014). Can integrated aquaculture-agriculture (IAA) produce “more crop per drop.” *Food Security*, 6(6):767–779. <http://doi.org/10.1007/s12571-014-0394-9>.

- Azim, M. E., Wahab, M. A., Van Dam, A. A., Beveridge, M. C. M., Milstein, A., & Verdegem, M. C. J. (2001). Optimization of fertilization rate for maximizing periphyton production on artificial substrates and the implications for periphyton- based aquaculture. *Aquaculture Research*, 32(9):749–760. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2001.00613.x>.
- Azim, M. E., Verdegem, M. C. J., Khatoon, H., & Wahab, M. A. (2002). A comparison of fertilization, feeding and three periphyton substrates for increasing fish production in freshwater pond aquaculture in Bangladesh. *Aquaculture*, 212:227–243.
- Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M., Bush, S., Williams, M. (2016). Contribution of Fisheries and Aquaculture to Food Security and Poverty Reduction: Assessing the Current Evidence. *World Development*, 79:177–196. <http://doi.org/10.1016/j.worlddev.2015.11.007>.
- CIT. Confederación Indígena Tairona (2018). Guía general del pueblo Arhuaco.
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5600s/y5600s00.pdf>.
- FAO. (2004). Agro-Acuicultura Integrada. Manual Básico. (Instituto Internacional para la Reconstrucion Rural, Ed.). Roma, Italia.
- García, J. J., Celis, L. M., Villalba, E. L., C., L., Mendoza, Brú, S. B., Pardo, S. C. (2011). Evaluación del policultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* Y tilapia *Oreochromis niloticus* utilizando superficies fijadoras de perifiton. *Rev. Med. Vet. Zoot*, 58(II):71–83.
- Herrera, L. F. (1985). Agricultura Aborigen y Cambios de Vegetación en la Sierra Nevada de Santa Marta. Bogotá, Colombia.
- Hanjra, M. A., & Qureshi, M. E. (2010). Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35(5), 365–377. <http://doi.org/10.1016/j.foodpol.2010.05.006>.
- Murray, F. J., & Little, D. C. (2000). The nature of small-scale farmer managed irrigation systems in north west province, Sri Lanka and potential for aquaculture.
- Prein, M. (2002). Integration of aquaculture into cropanimal systems in Asia. *Agricultural Systems*, 71(1-2), 127-146. [http://doi.org/10.1016/S0308-521X\(01\)00040-3](http://doi.org/10.1016/S0308-521X(01)00040-3).

Torres, F. R. (2002). ExperienciaFamiliarArhuaca0001.pdf. Bogotá: PERSPECTIVAS UNIVERSITARIAS.

Viloria de la Hoz, J. (2005). Sierra Nevada de Santa Marta: Economía de sus recursos naturales. Documentos de Trabajo sobre Economía Regional, n. 61. Banco de la República, Colombia.

Especies emergentes para el cultivo de moluscos en el pacífico tropical iberoamericano: foco Ecuador

César Lodeiros

Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador

✉ cesarlodeirosseijo@yahoo.es

INTRODUCCIÓN

En el mundo hay varios países que han sido catalogados como megadiversos. En el Pacífico americano tropical se encuentran varios, con una elevada representatividad, este es el caso de México, Perú y Ecuador (Fig. 1), lo cual permite concentrar una gran diversidad de especies, particularmente marinas. En lo que se refiere a moluscos bivalvos se han caracterizado 900 especies (Coan y Valentich-Scott 2012), éstas sin lugar a dudas, en su mayoría se encuentran en Ecuador (Fig. 2). La Fundación Marviva en Costa Rica, Panamá y Colombia (Ross *et al.* 2014, Díaz *et al.* 2014, Posada *et al.* 2014), ha identificado unas 35-40 especies de bivalvos comerciales (Fig. 3), lo cual parece ser un número frecuente en cada uno de los países americanos con costas en el Pacífico tropical, incluyendo Ecuador, foco del presente trabajo.

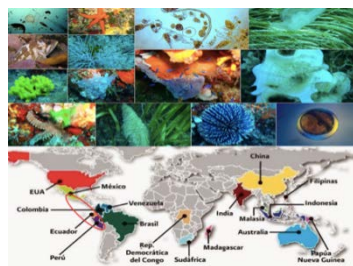


Figura 1. Diversidad y países megadiversos.



Figura 2. Especies de moluscos bivalvos en el Pacífico americano tropical.



Figura 3. Especies comerciales de moluscos bivalvos en cada país del Pacífico americano tropical.

ESPECIES DE CULTIVO Y ESTUDIOS EN EL PACÍFICO TROPICAL AMERICANO

En el Pacífico tropical americano las especies que se han cultivado y realizado estudios consolidados son las ostras *Crassostrea gigas*, *Crassostrea corteziensis* y *Striostrea prismatica*, las ostras perlas *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*, los pectínidos *Nodipecten subnodosus* y *Argopecten ventricosus*, el *Spondylus limbatus* y el árcido *Anadara tuberculosa* (Fig. 4). La mayoría de los estudios se han realizado en México, particularmente en la zona subtropical de Baja California. *Crassostrea corteziensis* se cultiva en la zona tropical de México con sustento de una comunidad, Boca de Camichin del edo. de Nayarit. *Crassostrea gigas* es una especie introducida ya en más de 70 países de aguas frías y subtropicales, pocas experiencias exitosas se han logrado en las zonas tropicales. Costa Rica posee algunos cultivos los cuales recientemente parecen consolidarse. En Ecuador sobre la década de los 90 la Agencia Japonesa para el Desarrollo JICA implementó una colaboración con el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIME-ESPOL), y a partir de allí se han hecho estudios con resultados tecnológicos consolidados (Fig. 5), que han permitido una apertura para el cultivo.

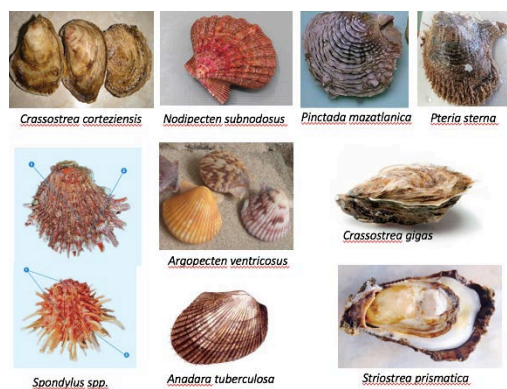


Figura 4. Especies cultivadas y con atención para su cultivo en el Pacífico tropical americano



Aportes consolidados

- *El cultivo de moluscos nace en 1990 con el CENAIME-ESPOL con apoyo de JICA
- *Adaptación de las técnicas japonesas en el cultivo de *Crassostrea gigas* introducida desde Chile
- *Puesta a punto técnicas de producción de semillas de la ostra del Pacífico
- *Innovación del cultivo en piscinas de cultivo de camarón cultivos restringidos a la época de aguas frías -8 meses, poca tolerancia >27 °C). Actualmente el CENAIME supe de semillas al Ministerio de Acuicultura quien posee un programa de cultivo de la ostra del Pacífico con unas 3 comunidades, algunas ya en plan de expansión.

Figura 5. Aportes tecnológicos para el cultivo de la ostra *Crassostrea gigas* en Ecuador.

Recientes estudios muestran la gran factibilidad de cultivo de *Crassostrea gigas* en las costas marinas ecuatorianas, donde las tallas comerciales de unos 80-85 mm se alcanzan a los 8-10 meses, esto es debido a la adecuada alta temperatura y elevado contenido en cuanto a biomasa fitoplanctónica de 3-4 $\mu\text{g/L}$ que presentan las costas ecuatorianas, como las observadas en cultivos desarrollados en la Bahía de Ayangué, provincia de Santa Elena (Lodeiros *et al.* 2018). Estas tasas de crecimiento se duplican cuando las ostras son confinadas en estuarios, y las tallas comerciales pueden ser alcanzadas a los 5 meses, debido a la mayor disponibilidad de alimento (hasta 30 $\mu\text{g/L}$; Fig. 6), estos estudios han sido realizados en el estuario del río Chone, en Bahía

de Caráquez, donde el producto, la ostra comercial de >80 mm (Fig. 7), se le han realizado análisis microbiológicos, parasitarios y de metales pesados, obteniéndose niveles muy por debajo de los permisibles para el consumo humano. Con estos resultado se extrapoló la producción a unidades familiares (balsas de bambú 7 x7 m), y sus análisis de costos y producción muestran que el cultivo posee una alta rentabilidad, hasta el 80 % en su primera cosecha (Treviño *et al.* 2019).

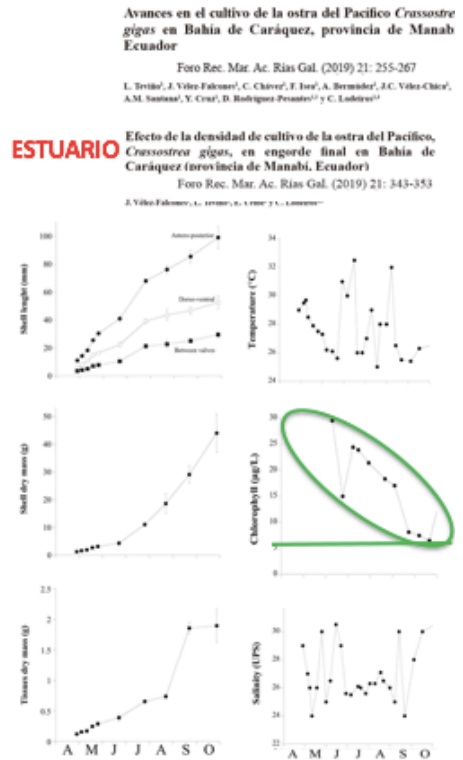
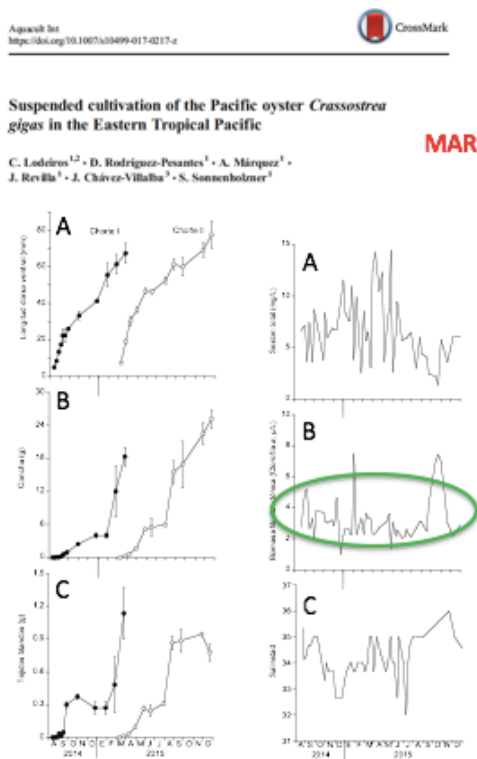


Figura 6. Crecimiento de la ostra bajo cultivo suspendido y factores ambientales de zonas marinas (Bahía de Ayangue, Provincia de Santa Elena) y estuarina (Bahía de Caráquez, Provincia de Manabí) en Ecuador.

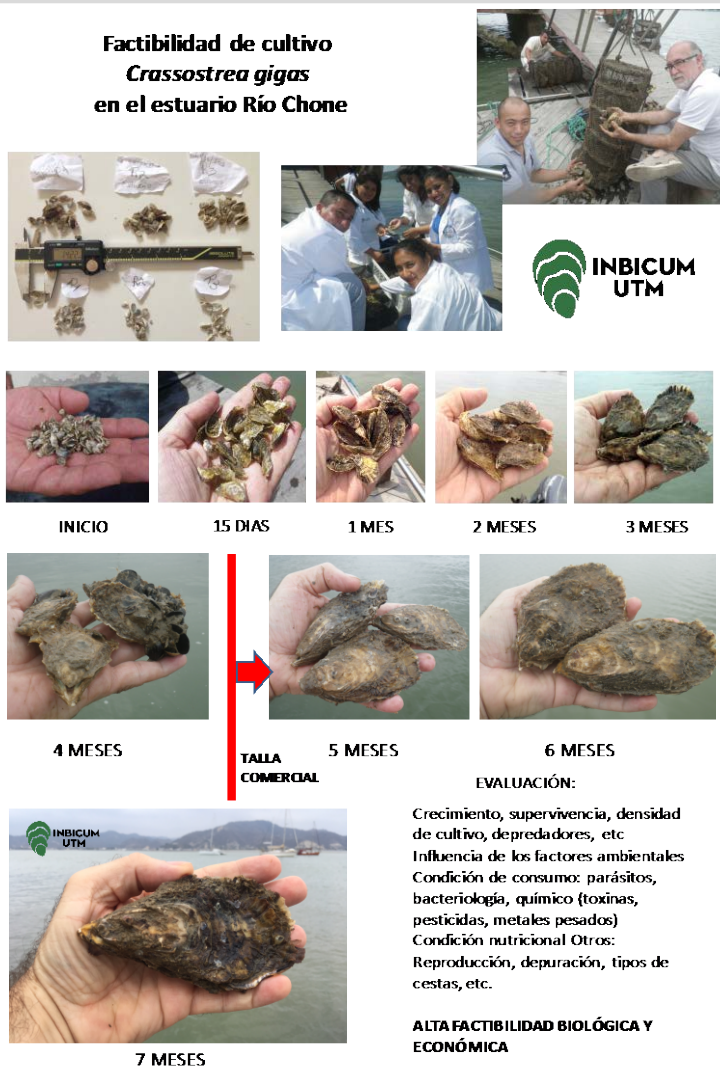


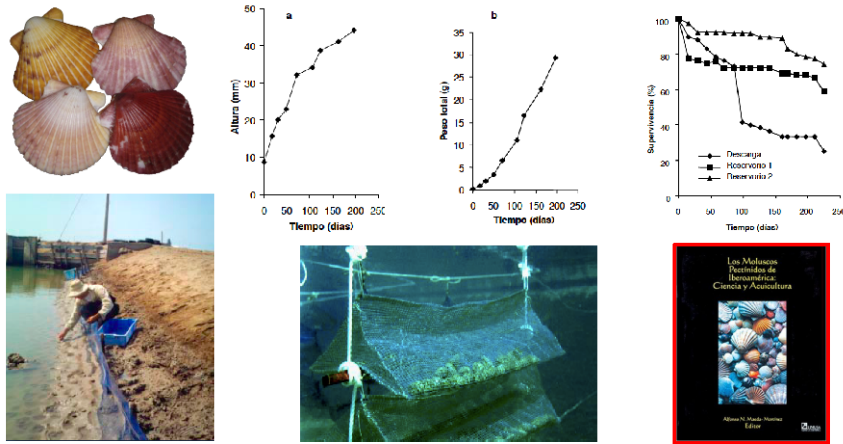
Figura 7. Cultivo experimental de la ostra *Crassostrea gigas* en Bahía Caráquez, estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador.

Otra especie con aportes consolidados es el pectínido *Argopecten ventricosus* (Fig. 8) una especie que soporta un conocimiento adecuado de producción de semillas y cultivo, tanto en México como en Ecuador (Maeda-Martínez 2001). Aunque los resultados fueron alentadores el cultivo en Ecuador no tuvo el éxito deseado por las bajas cotizaciones del producto en mercados internacionales. Hoy en día los bancos de *Argopecten ventricosus* se encuentran sobreexplotados y una actividad por acuicultura es necesaria para suplir las demandas.

Aportes consolidados

Concha abanico *Argopecten ventricosus*

- *Desarrollo del cultivo de *Argopecten ventricosus* en sus diferentes fases: Producción de semillas y crecimiento en mar y en granjas camaroneras (CENAIM-ESPOL).
- *Proyecto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID).
- * El cultivo no tuvo el éxito comercial deseado, debido principalmente a las bajas cotizaciones de sus precios en los mercados internacionales (Reunión FAO-Alvarez et al. 2008)



La otra especie de pectínido con estudios consolidados en México es *Nodipecten subnodosus* y sus técnicas favorablemente se están adaptando para el cultivo en Ecuador, donde la especie crece a tasas record (Revilla *et al.* 2019; Fig. 9).



Figura 9. Mano de león *Nodipecten subnodosus*. Adaptabilidad de las técnicas de producción y crecimiento en condiciones de cultivo suspendido en la bahía de Ayangué, Provincia de Santa Elena, Ecuador.

Los *Spondylus*, especies que se engloban en el mismo orden que los pectínidos (Pectinoida), son otras especies que en Ecuador se encuentran en desarrollo del cultivo. Las técnicas innovadoras de producción de juveniles se han producidas en el CENAIM-ESPOL (Fig. 10). Estas especies en Ecuador y otras partes del pacífico tropical y subtropical como México y Perú, suponen un ícono en la cultura prehispánica y aún permanece su identidad, particularmente en Ecuador, en sus provincias de Santa Elena y Manabí, y sobre los años 80 y 90 del siglo pasado, sufrieron una sobreexplotación que sus bancos se encuentran diezmados, lo que ha conducido a restricciones para su pesca (México) o vedas permanente (Ecuador) y su cultivo está dirigido principalmente a la restauración ecológica.



Figura 10. Producción de juveniles *Spondylus limbatus*. Técnicas desarrolladas en el CENAIM-ESPOL.

Otras técnicas producidas en el CENAIM-ESPOL es la puesta a punto de producción masiva de juveniles de la ostra de roca u ostra gigante *Striostrea prismatica*, una ostra con gran apreciación en el trópico y subtrópico del del Pacífico americano. Las producciones por primera vez en el mundo de sus semillas, así como los *Spondylus*, se lograron recientemente y su cultivo se encuentra bajo estudio para su optimización (Fig. 11).



Figura 11. Producción de semillas de *Striostrea prismatica*. Técnicas desarrolladas en el CENAIM-ESPOL.

Otra de las especies que ha sido indicada como emergente y sus estudios muestran una gran factibilidad biológica es la ostra perlera *Pteria sterna*, la cual posee una captación de semilla elevada (5-6 semillas/5 cm²), crecimiento rápido con posible tallas comerciales en 5-6 meses con elevada supervivencia, resistencia a cambios en los factores ambientales, cultivo adaptable con técnicas de bajo coste y de fácil transferencia tecnológica y con dualidad de producción (carne y perlas). No obstante, la especie es poco conocida, aunque últimamente tomando renombre y se empieza a ofertar, esporádicamente, en algunos mercados. Los estudios de formación de *mabés* en las costas ecuatorianas muestran que en 6 meses se obtienen perlas de buena calidad, y en el estuario del río Chone en tan solo 3-4 meses. Estos resultados muestran la gran factibilidad biológica del cultivo pudiendo generar su cultivo una buena alternativa de producción (Fig. 12; Lodeiros 2018).





Figura 12. *Pteria sterna*, la ostra perla alada del pacífico americano. Sus estudios indican una gran factibilidad de cultivo, considerándola como una de las principales especies emergentes en la acuicultura de Ecuador.

La concha, *Anadara tuberculosa*, es una especie con alta demanda en el Pacífico tropical americano, con especial referencia en Ecuador, donde sus poblaciones naturales han mermado notablemente. Se han realizado investigaciones y protocolos de cultivo, que han sido un buen aporte pero que se encuentran incompletos para gestionar un desarrollo de sus cultivos, por lo cual se hace necesario estudios más exhaustivos en virtud de establecer cultivos exitosos y suplir las demandas existente.



La gran biodiversidad de Ecuador gestiona la posibilidad de selección de otras especies que pudieran ser emergentes para el cultivo, entre ellas almejas, atrinas y navajas que pudieran comercializarse exitosamente.

CONCLUSIONES

El cultivo de *Crassostrea gigas* posee una gran factibilidad de desarrollarse industrialmente en Ecuador y posiblemente en otras zonas tropicales, teniendo especial atención los estuarios; sin embargo, se necesitan más estudios para la optimización y protocolización de los cultivos, incluyendo estudios genéticos para la mejora de la semilla. Esta especie parece ser la que pudiera detonar la diversificación de la acuicultura en Ecuador. Otras especies (*Spondylus* spp., *Striostrea prismatica*, *Anadara tuberculosa*), están, en vías de establecer sus técnicas, siendo los estudios recientes de algunas de ellas (*Spondylus* y *Striostrea prismatica*) con una rigurosidad científica adecuada, de igual manera se necesitan más estudios para el buen desarrollo del cultivo. La ostra perla *Pteria sterna*, parece ser una especie excelente que pudiera generar una industrialización de su cultivo, con una dualidad de producción (carne y perlas). El cultivo de moluscos bivalvos se vislumbra como con una oportunidad prioritaria para la diversificación de la acuicultura en Ecuador.

REFERENCIAS

- Coan E. V., Valentich-Scott P. (2012). Bivalve seashells of tropical west America. Marine bivalve mollusks from Baja California to Northern Peru. Santa Bárbara, CA: Santa Bárbara Museum of Natural History.
- Díaz, J.M., Melo G., Posada J.M., Piedra A., Ross E. (2014). Guía de identificación: Invertebrados marinos de importancia comercial en la costa Pacífica de Colombia. Fundación MarViva. San José, Costa Rica. 102 pp.
- Lodeiros C., Villegas V. (2018). Cultivo de perlas en Ecuador: ¿Es posible? Acuicultura, Cámara Nacional de Acuicultura. Diciembre: 49-52.
- Lodeiros C., Rodríguez-Pesantes D., Márquez A., Revilla J., Chávez-Villalba J., Sonnenholzner S. (2018). Suspended cultivation of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in the eastern tropical pacific. *Aquaculture international* 26(1):337-347.
- Maeda-Martínez A. 2001. Los moluscos pectínidos de Iberoamérica. Editorial Limusa, México D.F. 501 p.
- Posada J.M., Piedra A., Ross E., Díaz J.M., Nikolas Sánchez G., Guerra Z., De León M. (2014). Guía de identificación: Invertebrados marinos de importancia comercial en la costa Pacífica de Panamá. Fundación MarViva. San José, Costa Rica. 120 pp.
- Revilla J., Márquez A., Lodeiros C., Sonnenholzner S. (2019). Experimental cultures of giant lion's paw *Nodipecten subnodosus* in equatorial waters of the eastern Pacific: progress in larval development and suspended culture. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* (en prensa).
- Ross E., Posada J.M., Piedra A., Díaz J.M., Melo G. (2014). Guía de identificación: Invertebrados marinos de importancia comercial en la costa Pacífica de Costa Rica. 110 pp.
- Treviño L., Vélez-Falcones J., Chávez C., Isea F., Bermúdez-Medrana A.E., Vélez-Chica J.C., Santana-Piñeros A.M., Cruz-Quintana Y., Rodríguez-Pesantes D., Lodeiros C. (2019). Avances en el cultivo de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* en Bahía de Cáraquez, provincia de Manabí, Ecuador. *Foro Ac. Rec. Mar. Rías Gal.* 21:251-267.

Cultivo de pulpo: perspectivas para Iberoamérica y Ecuador

Manuel Rey-Méndez

Laboratorio de Sistemática Molecular e Instituto de Acuicultura de la Universidad de Santiago de Compostela. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular, CIBUS-Facultad de Biología, Campus Vida, 15786-Santiago de Compostela (A Coruña) España.

✉manuel.rey.mendez@usc.es

INTRODUCCIÓN

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 están sustentadas en que es una especie que presenta un ciclo de vida corto (1-2 años) sin fases larvianas, 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). Por todas estas razones, puede 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*, y servir como modelo de cultivo de otras especies iberoamericanas.

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), con 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 sustrato 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).



Figura 1. Ciclo de vida de *Octopus vulgaris*.

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).

Cultivo

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), siendo los cangrejos una de sus favoritas (Nixon, 1987). Esta especie presenta, además, un comportamiento de canibalismo frecuente en el medio natural. Aunque existe un gran interés en el cultivo industrial de esta especie, durante muchos años existió un importante cuello de botella por resolver: la elevada mortalidad observada en las paralarvas planctónicas hasta la fase de asentamiento. A pesar de los intentos realizados por diferentes grupos de trabajo de varios países, en los que se han utilizado distintas metodologías de alimentación y condiciones zootécnicas, pocos han sido los experimentos en los que se han logrado obtener juveniles bentónicos (Iglesias *et al.* 2007).

Al comienzo de los años 90, se iniciaron en España un conjunto de importantes trabajos relacionados con el cultivo de *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. 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

lograse 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 llegaron 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). 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.

Engorde

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. 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 la introducción en el 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.

El esquema general de explotación de una empresa de engorde consiste en jaulas de sección redonda o cuadrada con guaridas 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. 2). 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. La mortalidad ronda el 20% (Rey-Méndez *et al.* 2003).



Figura 2. Sistemas industriales de engorde. En la fila superior: sistemas de plataforma (batea), con diferentes tipos de refugios. En la fila intermedia e inferior: sistemas autoflotantes con jaulas de sección circular y cuadrada, con diferentes tipos de refugios, y concesiones para engorde de pulpo en el año 1999 en Galicia.

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.

Perspectivas del cultivo/engorde de pulpo en Iberoamérica

Durante las últimas décadas, se ha producido una reducción en las capturas de pulpo (Fig. 3) en países iberoamericanos (FAO 2016). La acuicultura podría compensar y mitigar los efectos de la pesca, por ejemplo, reponiendo los bancos naturales con juveniles producidos en condiciones de criadero, apoyando el desarrollo de comunidades costeras que tradicionalmente han dependido de estos recursos, y proporcionando alimentos de alta calidad. Además, el crecimiento hasta tamaño comercial de especies sobreexplotadas a partir de juveniles producidos en criaderos, podría reemplazar parcial o totalmente la pesca de esas especies. Este desafío requiere estrategias para convertir a los pescadores artesanales, que son extractores, en pequeños productores.

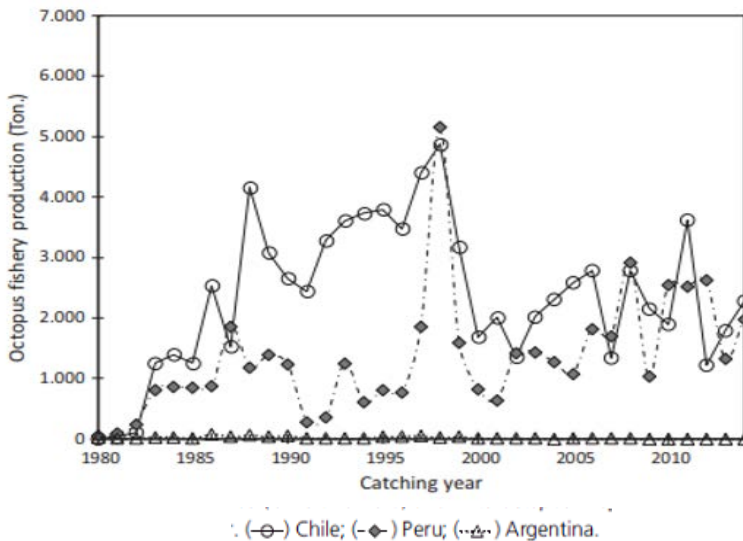


Figura 3. Producción total de pesca (años 1980-2014) de *Octopus mimus* (Chile y Perú) y *Enteroctopus megalocyathus* (Argentina y Chile). Datos de FAO Fishstat 2016. Una o dos especies se representan juntas.

Si bien la repoblación presenta importantes desafíos ambientales, incluida la posible interrupción genética de las poblaciones naturales, puede ser una solución relevante para la pesca costera artesanal sobreexplotada (Bell *et al.* 2008, De Silva, 2016). Aunque 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 mismo 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, y que se han conseguido cultivar con éxito (Fig. 4), el *O. maya* en México (Rosas *et al.* 2014a,b), y *R. fontaniana* en Chile (Uriarte *et al.* 2010).

Tal como se vio anteriormente, la mayor dificultad para el cierre del ciclo del cultivo de pulpo (*O. vulgaris*) estuvo 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 grandes puestas pero con altas mortalidades, especialmente en la fase de paralarvas planctónicas (*O. vulgaris* y *O. mimus*, por ejemplo).



Figura 4 Parte superior: cultivo de *Robsonella fontaniana*; de izquierda a derecha: reproductora; eclosión de huevos; paralarvas de 4 días; paralarva de 21 días. Parte inferior: cultivo de *O.maya*; de izquierda a derecha: reproductora y puesta; ejemplares bentónicos en tanque de cultivo; ejemplar bentónico y refugio. Fotos: Iker Uriarte.

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 importante para disminuir la presión sobre un recurso tan demandado y que suele estar sobreexplotado, ofreciendo una oportunidad a las agrupaciones de pescadores de mejorar sus ingresos con el engorde de sus propias capturas, estableciendo, a su vez, mejores técnicas de engorde que puedan ser aprovechadas cuando 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 evolución, pero deben adaptarse a cada especie y área de cultivo. Así, por ejemplo, los países 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 las instalaciones 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 Iberoamérica, 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 extracción 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 iberoamericanos, la pesquería del pulpo se realiza mediante buceo (semiautónomo con compresor, o mediante snorkel), utilizando ganchos o fisgas 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). 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.

Otras dificultades mayores para tomar la decisión de instalar un sistema de engorde de pulpos, podrían ser la construcción e instalación del sistema adecuado y su coste económico. Esto, lógicamente, debe estudiarse en la propia ubicación y buscar los materiales más accesibles 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 soluciones a las 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.

Perspectivas del cultivo/engorde de pulpo en Ecuador

Octopus mimus es el pulpo objetivo de la pesca a pequeña escala en el Pacífico Oriental y, aunque su distribución geográfica no está muy bien definida ya que la FAO (2014) considera que va desde el norte del Perú hasta Valparaíso en Chile, parece ser la principal especie capturada en la costa ecuatoriana y muestra un periodo de puesta extendido (Markaida *et al.*

2018). Sin embargo, análisis realizados en nuestro laboratorio mediante secuenciación de un fragmento del gen mitocondrial COX1, con ejemplares identificados como *O. mimus* procedentes de Ballenita y Palmar (Ecuador), han detectado haplotipos idénticos a los descritos para *Octopus hubbsorum*, con una distribución norteña y que algunos autores consideran miembros de un único taxón (Pliego-Cárdenas *et al.* 2014, 2016). Sin embargo, en la actualidad, *O. hubbsorum* es reconocido como un taxón válido. La ausencia de más datos no permiten evaluar entre hipótesis alternativas: a) un único taxa (*O. mimus*?) a lo largo de la costa este del Pacífico, con una elevada diversidad intraespecífica y probable estructura genética; b) la existencia de un taxa al sur de Ecuador (*O. mimus*) y un clado al norte (*O. hubbsorum*) al cual pertenecerían las muestras analizadas (Quinteiro *et al.* 2016). Es importante el determinar la especie o especies de pulpos de la costa ecuatoriana, y su distribución geográfica, con el fin de abordar con rigor el cultivo/engorde de este/estos organismo/s.

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 (Fig. 5), 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). Por otra parte, los datos más actuales proporcionados por Collaguazo Yaguachi (2019), sobre la pesquería del pulpo común en la reserva marina Isla Santa Clara (El Oro, Ecuador), donde se aportan datos del rendimiento promedio por día de pesca y embarcación durante los años 2014-2018 (Fig. 6), se detecta un descenso en el rendimiento de un 20,41% en el año 2018, respecto al 2014. Todos los datos apuntan a que estamos ante una situación de sobreexplotación del recurso y una actividad económica en declive, a la que hay que buscar soluciones.

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.

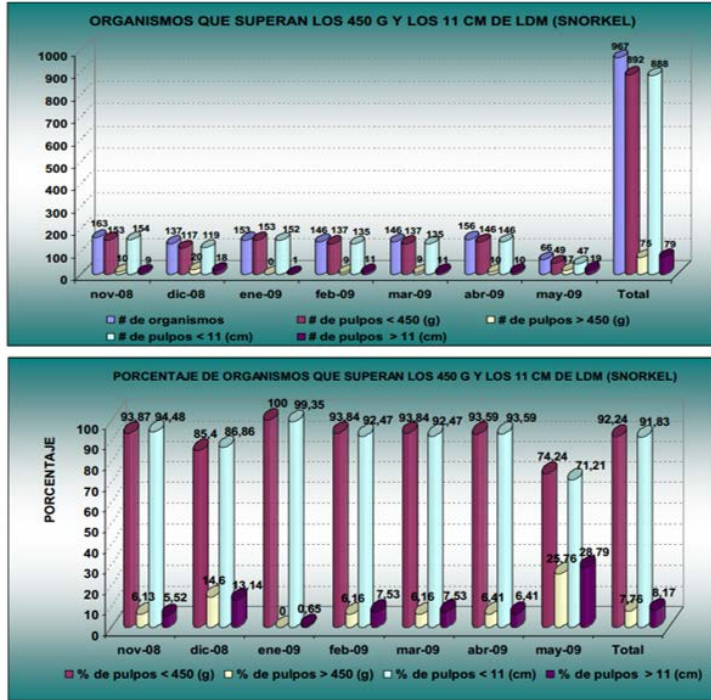


Figura 5. Capturas de pulpo común en el cantón Salinas-Santa Elena (Ecuador) en el periodo: noviembre de 2008 a mayo de 2009. Tomado de: NaranjoTibanlombo, 2009.

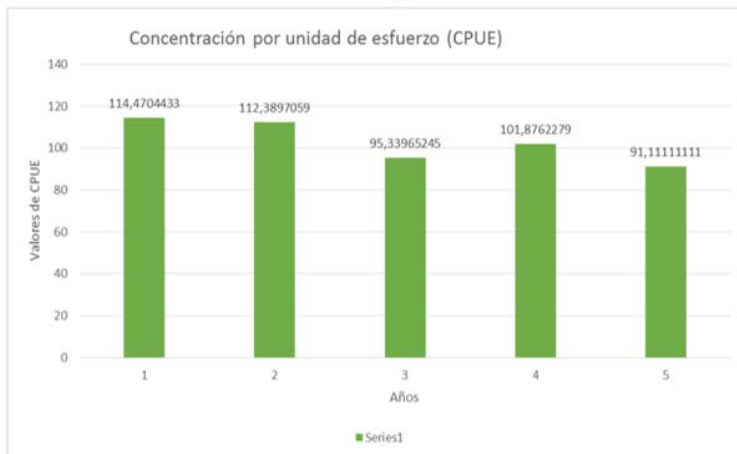


Figura 6. Rendimiento promedio por día de pesca y embarcación (en libras), de la pesquería del pulpo común en la reserva marina Isla Santa Clara (El Oro, Ecuador). Años 2014-2018. Tomado de: Collaguazo Yaguachi (2019).

El cierre del ciclo de *Octopus vulgaris*

Durante el XXI Foro dos Recursos Mariños e da Acuicultura das Rías Galegas, celebrado en la Isla de la Toja (O Grove, España) el 10 y 11 de octubre de 2018, se informa, en una ponencia invitada (Domingues y Tur, 2019), que juveniles cultivados en el IEO de Vigo durante 2018, desde paralarvas, utilizando un protocolo de cultivo larvario desarrollado por el IEO, obtuvieron tasas de supervivencia al inicio de la fase de asentamiento superiores al 65%, y el inicio del mismo entre los días 33 y 38 de vida, mejorando los resultados de los estudios de cierre de cultivo previos (Iglesias *et al.* 2004 con inicio de asentamiento a los 50 días, o Carrasco *et al.*, 2006, a los 60 días de edad). También las tasas de crecimiento obtenidas con este protocolo son muy superiores a las obtenidas por estos y otros autores (Fig. 7).

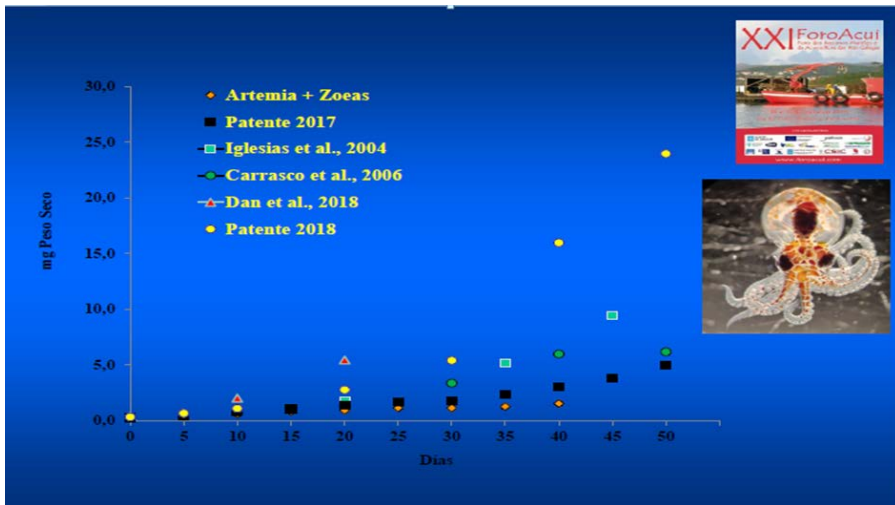


Figura 7. Crecimiento de paralarvas y juveniles recién asentados de *O. vulgaris* cultivados utilizando un protocolo de Cultivo del IEO actualmente en proceso de Patente (Patente n° 201731369). Tomado de: Domingues y Tur (2019).

Resueltos pues los dos principales cuellos de botella en el cultivo larvario de *O. vulgaris*, la elevada mortalidad durante el primer mes de vida y la inexistencia de piensos desarrollados para su engorde; este protocolo podría permitir la aparición en el mercado de juveniles que ayuden a consolidar la explotación con éxito de los procesos de engorde, sin depender de la extracción del medio natural, tanto de *O. vulgaris* como de otros pulpos similares (*O. mimus*, por ejemplo, que durante años se pensó que era la misma especie). Quedaría ahora mejorar los procesos de engorde, rebajando la mortalidad y perfeccionando la alimentación, pero ya partiendo de resultados que sabemos tienen viabilidad económica y biológica, así como realizar estudios *in*

situ que definan el tamaño mínimo de una explotación rentable, además de analizar otros factores que van más allá de la rentabilidad económica como, por ejemplo, favorecer la repoblación de las especies mediante eclosiones protegidas originadas en los procesos de engorde. Todo ello facilitará los procesos de engorde del recurso pulpo en Iberoamérica, incluido el Ecuador, promovándose el engorde de pulpo a partir de juveniles comprados a un proveedor que los obtiene en criadero, y mejorar la pesquería artesanal mediante la repoblación por especímenes obtenidos por puestas protegidas durante el proceso de engorde.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Programa CYTED (Red AquaCibus 318RT0549 "Fortaleciendo la acuicultura en Iberoamérica: calidad, competitividad y sostenibilidad"), la ayuda recibida para poder participar en el "I Simposio AquaCibus 2019" y en el "IX Foro Iberoamericano de los Recursos marinos y la Acuicultura", celebrados en Portoviejo (Manabí, Ecuador), donde se impartió esta conferencia.



PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO



REFERENCIAS

- Baltazar P., Rodríguez P., Rivera W., Valdivieso V. (2000). Cultivo experimental de *Octopus mimus*, Gould 1852 en el Perú. *Revista Peruana de Biología*. 7(2):151–160.
- Bell J.D., Leber K.M., Blankenship L., Loneragan N.R., Masuda R. (2008). New era for restocking, stock enhancement and sea ranching of coastal fisheries resources. *Reviews in Fisheries Science* 16(1–3):1–9.
- 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.
- 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.
- Carrasco J.F., Arronte J.C., Rodríguez C. (2006). Paralarval rearing of the common octopus, *Octopus vulgaris* (Cuvier). *Aquac. Res.* 37:1601–1605.

- Collaguazo Yaguachi A.F. (2019). Sostenibilidad ambiental de la pesquería del pulpo común (*Octopus mimus*) en la reserva marina Isla Santa Clara, El Oro, Ecuador. Trabajo de Titulación, Carrera de Gestión Ambiental, Univ. Técnica de Machala.
- Cortez T., González A., Guerra A. (1999). Growth of cultured *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae). *Fish Res.* 40:81–89.
- Dan S., Iwasaki H., Takasugi A., Shibasaki S., Yamazaki M., Oka M., Hamasaki K. (2019). Effects of co-supply ratios of swimming crab *Portunus trituberculatus* zoeae and *Artemia* on survival growth of East Asian common octopus *Octopus sinensis* paralarvae under an upwelling culture system. *Aquaculture Research.* 50:1361-1370.
- De Silva S. (2016). Culture based fisheries in Asia are a strategy to augment food security. *Food Security* 8:585–596.
- Domingues P., Tur R. (2019). Avances recientes en el cultivo larvario de *Octopus vulgaris*. En: Rey-Méndez M., Fernández-Casal J., Lodeiros C., Guerra A., Lastres M.A., Padín X.A. (Eds). *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* 21:65-68.
- FAO. (2014). Species Catalogue for Fishery Purposes. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. No.4, Vol.3.
- FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos, p. 224. FAO, Roma.
- Forsythe J.W., Van Heukelem W.F. (1987). Growth. In: Cephalopod Life Cycles. II. Boyle P.R. (Ed). Academic Press, London: 135-156.
- 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 Pub.* 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 Meeren T., Vidal E., Villanueva R. (2007). Rearing of *O. 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. Fresh. 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.
- Markaida U., Flores L., Arias E., Mora E. (2018). Reproduction and population structure of *Octopus mimus* fished in a Marine Protected Area of Ecuador. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(6):1383-1389.
- 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.
- Pliego-Cárdenas R., Flores L., Markaida U., Barriga-Sosa I.A., Mora E., Arias E. (2016). Genetic evidence of the presence of *Octopus mimus* in the artisanal fisheries of octopus in Santa Elena Península, Ecuador. *American Malacological Bull.* 34:51–55.
- Pliego-Cárdenas R., Hochberg F.G., León F.J.G.D., Barriga-Sosa I.A. 2014. Close Genetic Relationships between Two American Octopuses: *Octopus hubbsorum* Berry, 1953, and *Octopus mimus* Gould, 1852. *Journal of Shellfish Research* 33:293-303.
- Quinteiro J., Baibai T., Oukhattar L., Soukri A., Seixas P., Rey-Méndez M. (2011). Multiple paternity in the common octopus *Octopus vulgaris* (Cuvier, 1797), as revealed by microsatellite DNA analysis. *Molluscan Research* 31(1):15–20.
- Quinteiro J., Melena J., Santander R., González-Henríquez N., Rey-Méndez M. (2016). Etiquetado genético (DNA-barcoding) de especímenes de pulpo *Octopus* spp., de la costa de Ecuador. En: Rey-Méndez M., Fernández-Casal J., Lodeiros C., Guerra A. (Eds). *Foro Rec. Mar. Ac. Rías Gal.* 18:225-232.
- 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. (Eds.). *Actas del VI Congreso Nacional de Acuicultura*, Cartagena.
- 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.). *IX Congreso Nacional de Acuicultura*, pp. 276-277.
- Rosas C., Mascaró M., Mena R., Caamal-Monsreal C., Domingues P. (2014a). Effects of different prey and rearing densities on growth and survival of *Octopus maya* hatchlings. *Fisheries and Aquaculture Journal* 5:108.

- Rosas C., Gallardo P., Mascaró M., Caamal-Monsreal C., Pascual C. (2014b). *Octopus maya*. In: Iglesias J., Fuentes L., Villanueva R. (Eds). Cephalopod Culture, pp. 383–396. Springer Science Business Media, Dordrecht, Holland.
- 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.
- Uriarte I., Hernández J., Dörner J., Paschke K., Farías A., Crovetto E., Rosas C. (2010). Rearing and growth of the octopus *Robsonella fontaniana* (Cephalopoda: Octopodidae) from planktonic hatchlings to benthic juveniles. *Biol. Bull.* 218(2):200-210.
- 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.



ACUICULTURA



Efecto del uso de dos probióticos comerciales, con diferentes concentraciones, en el incremento o ganancia de peso, hematología e histología intestinal del chame *Dormitator Latifrons*.
Bermúdez-Medranda, Alexandra E., Lucas, G, Vilela, E, J.C. Vélez-Chica, Yanis Cruz, Mesías, A, Vásconez, Y, Espinoza, M, Piaguage, E, Santana-Piñeros, A.M

Parámetros bioquímicos y defensa antioxidante en el tejido gonadal del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) bajo condiciones de cultivo en la estación experimental la fragata, estado Sucre, Venezuela
Jesús Boada-Cova, Patricia Velásquez-Vottelerd, Edgar Zapata-Vivenes, Raquel Salazar-Lugo

Crecimiento y supervivencia de la ostra perlera *Pteria sterna* (Gould, 1851), en cultivo suspendido
Gilbert Antonio Lucas Zambrano, Luis Manuel Treviño Zambrano, Jorge Vélez Falcones, Alan García Bermúdez, César Lodeiros Seijo

Acondicionamiento gonádico e inducción al desove por “shock” térmico de la ostra perlera *Pteria sterna* (Gould, 1851) en condiciones de laboratorio.
Luis Manuel Treviño Zambrano, Beatriz Elena Ángeles Escobar: Jorge Vélez Falcones: Alan García Bermúdez: César Lodeiros Seijo

Parámetros hematológicos del chame *Dormitator latifrons*
Byron Manuel Reyes-Mero, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana

Principios de fisiología productiva en acuicultura: sostenibilidad y simulación dinámica
Uzcátegui-Varela, J.P., Isea, F. Ceballos-Ramírez, M.

Efecto de la densidad de siembra inicial en elementos tubulares de la ostra alada *Pteria sterna* (Gould, 1851) bajo cultivo en suspensión
Karla Cadena Rosero, César Lodeiros, Luis Treviño, Jorge Vélez

Eficiencia de la maduración natural y probiótica en un sistema de recirculación de agua para el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*)
Leonela Intriago Cedeño, Estefanía Mora Barrera, Nohelia López Vera, Dennis Tomalá Solano, Jodie Darquea Arteaga

Potencialidad para la crianza del chame (*Dormitator latifrons*, Pisces: Eleutridae) en el Carmen, Ecuador
Ramón Horacio Zambrano-Aveiga, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta, Janeth Jácome- Gómez, Myriam Zambrano-Mendoza, Juan Pablo Tobar-Galvez, María Verónica Taipe Taipe, Janeth Intriago, Sandro Cornejo, Javier Salcán y Anayansi Albert Rodríguez

Caracterización fisicoquímica de la harina de hidrolizado de plumas obtenida mediante método físico para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis sp.*)
María Mora, David Mejías, Xiuling Méndez, Fernando Isea León, Diana Ramírez

SERS directo para la detección de fenol en aguas empleadas en acuicultura
Anxo Carreira-Casais, Verónica Montes-García, Jorge Pérez-Juste, Isabel Pastoriza Santos, Jesús Simal-Gándara

Optimización del efecto combinado de la temperatura y la concentración inicial de azúcar en el comportamiento cinético del crecimiento de *Saccharomyces fibuligera* y en la producción de biomasa, pared celular y fracciones de la misma, en medios de cultivos de aguas residuales del cultivo del mejillón
Cecilia Jiménez-López, A.G. Pereira, P. García-Oliveira, C. Lourenço-Lopes, M. Carpena, M. Fraga, J.A. Vázquez, M.A. Prieto, J. Simal-Gandara

Absorción de fósforo en *Penaeus vannamei* (Penaeidae-Boone, 1931) mediante el uso de tres dietas artificiales
Marjorie Idrovo-Vishuete, Fernando Isea León, Vanessa Acosta de Matheus, Rodolfo Panta-Vélez, Juan Vélez-Chica, Roberto Retamales-González

Selección asistida por marcadores (MAS, “Marker-assisted selection”) en el mejoramiento genético de peces
María Verónica Taipe-Taipe, Janeth Jácome-Gómez, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta, Anayansi Albert-Rodríguez, Janeth Intriago, Myriam Zambrano-Mendoza, Javier Salcán, Juan Pablo Tobar, Sandro Cornejo y Ramón Horacio Zambrano-Aveiga

Crecimiento y supervivencia de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793), en cultivo suspendido en el estuario del río Chone
Cristina Chávez, Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros

Efecto del uso de dos probióticos comerciales, con diferentes concentraciones, en el incremento o ganancia de peso, hematología e histología intestinal del chame *Dormitator latifrons*

Bermúdez-Medranda, Alexandra E.; Lucas, G; Vilela, E; J.C. Vélez-Chica; Y. Cruz; Mesías, A; Vásconez, Y; Espinoza, M; Piaguaje, E; Santana-Piñeros, A.M

Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental; Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Calle Gonzalo Loor Velasco s/n, Ciudadela Universitaria, Bahía de Caráquez, Manabí 130104, Ecuador.

✉ abermudez@utm.edu.ec

RESUMEN

El uso de probióticos en acuicultura ejerce un efecto benéfico sobre el huésped al modificar la comunidad microbiana, se ha comprobado que la ingesta de probióticos modifica la composición de la microbiota intestinal de los peces, hasta ahora poco conocida en los chames de cautiverio, por lo tanto el objetivo de este estudio preliminar fue evaluar el efecto de dos probióticos comerciales sobre el incremento o ganancia en peso, parámetros sanguíneos y cambios histológicos en el tejido del intestino del *Dormitator latifrons*. Se implementó un diseño experimental aleatorio conformado por un control, dos tratamientos y tres réplicas con una duración de 22 días. Los organismos del control (C) fueron alimentados con concentrado comercial para tilapia al 35% de proteína a una tasa del 3% de biomasa. Al tratamiento 1 (T1) y 2 (T2) se adicionó probiótico a concentraciones de 2×10^9 UFC/g, y 6×10^9 UFC/g, respectivamente, administrado en el alimento las dosis bacterianas. Durante el experimento se midieron los parámetros del agua a cada unidad experimental (temperatura, salinidad, pH y oxígeno) y tasa de mortalidad. Al final del experimento se tomaron los parámetros sanguíneos (% de hematocrito, g/dL de hemoglobina, neutrófilos, linfocitos, monocitos y basófilos) y muestras de tejido de intestino fueron fijadas de cada organismo. Se evaluaron 45 organismos con peso inicial promedio de $22,8 \pm 7,5$ g. Tanto la longitud como el peso de peces no mostraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre tratamientos, sin embargo, se observa una tendencia a que los organismos del T1 tienden a crecer y ganar peso más rápido, la tasa de supervivencia fue del 60%. En cuanto a los parámetros sanguíneos se obtuvieron valores más bajos de hematocrito, neutrófilos y basófilos en el T2, en relación con el control y al T1. Los resultados histológicos del intestino no mostraron diferencias significativas entre tratamiento ($p > 0,05$), en cuanto al largo de las vellosidades, pero se observa una clara tendencia en el T1 en cuanto al tamaño de estas.

Palabras clave: Cultivo de peces, parámetros sanguíneos, supervivencia, histología, chame.

INTRODUCCIÓN

Ha medida que se intensifica la producción acuícola se incrementa la aparición de patógenos y enfermedades en el cultivo. Este problema ha llevado a implementar dietas con el uso de probióticos, los cuales mejoran la degradación del alimento y actúan como promotores del crecimiento, lo que estimula el sistema inmune de los organismos y mejoran el comportamiento productivo animal sin producir efectos para el consumidor Nutrivet (2009).

Los probióticos contribuyen al equilibrio microbiano intestinal mejorando la degradación del alimento, favoreciendo una mayor absorción y utilización de los nutrientes. Estos microorganismos ya instalados en el sistema intestinal inhiben otras poblaciones bacterianas comúnmente oportunistas en patología, y aumentan sus productos terminales, especialmente aminoácidos libres que favorecen el sistema inmunológico de los peces (Lara *et al.* 2002).

Martínez (2011), señala que la ingesta de probióticos en los peces incrementa la conversión de alimento, los índices de crecimiento y la ganancia de peso, la incorporación de probióticos a la dieta en larvas y juveniles de lenguado senegalés en comparación con las dietas no suplementadas incrementó el contenido de proteína en músculo, sugiriendo que la adición del probiótico promueve una mejora en el crecimiento.

El chame *D. latifrons* se cultiva principalmente en la provincia de Manabí, Ecuador, con características extensivas, donde la densidad de siembra no sobrepasa los 5 organismo/m² FAO (2011). En la actualidad existen productores que han intensificado los esfuerzos por cultivar la especie, lo que podría aumentar el riesgo de apariciones de enfermedades. Por ejemplo, Centeno (2009) ha mencionado que el chame muestra patologías de forunculosis como agente causal de las enfermedades secundarias infecciosas en los chames de cultivo, producidas por *Aeromonas sp.*; Freire (2001), menciona que otra de las enfermedades comunes en el chame es la producida por el *Vibrio anguillarum*, la misma que vive frecuentemente en el medio natural e inclusive en su órgano digestivo, y que estando en grandes cantidades provoca inicialmente grandes úlceras en su piel y músculos, así como la destrucción del hígado, produciendo la pérdida de peso, inapetencia, nados erráticos generalmente en los costados de las piscinas, causando incluso la muerte. Las *Pseudomonas* son otras de las bacterias que afectan al chame, su presencia puede detectarse por un emblanquecimiento externo, inclusive en el área ocular y además se puede detectar un fuerte mal olor que despiden los peces afectados. En los órganos internos se puede apreciar un hígado con una coloración verdusca, diferente a su color natural que es blanco hueso. Basados en esta información existente y en el impacto que podrían tener las enfermedades en el cultivo del chame, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de

dos probióticos comerciales sobre la tasa de crecimiento, los parámetros sanguíneos y el tejido intestinal del chame (*Dormitator latifrons*) mantenido en cautiverio.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se colectaron un total de 76 ejemplares de chames en el Sistema Carrizal-río Chone (La Segua), provincia de Manabí, Ecuador. Los organismos fueron transportados al laboratorio de nutrición en la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, donde se acondicionaron por 48 horas en un tanque de fibra con un volumen de 500 litros, siendo alimentados sin que se observase mortalidad ni signos clínicos de enfermedad durante esta fase.

Se tomaron 45 organismos, los cuales fueron distribuidos 5 animales por unidad muestral en acuarios de 25 litros de capacidad, teniendo cada tratamiento su respectiva réplica, siendo Control o testigo, T1: tratamiento con probiótico comercial a concentración de 2×10^9 UFC/g, y T2: tratamiento con probiótico comercial a concentración de 6×10^9 UFC/g, los microorganismos eran mezcla de *Bacillus*, las dosificaciones del probiótico se realizaron siguiendo las recomendaciones del fabricante y la cantidad fue administrada junto con la ración del alimento balanceado a diario, en una sola dosis. La tasa de alimentación fue del 3% de la biomasa con una frecuencia de 3 raciones por día (08:00, 12:00 y 17:00 horas), con alimento balanceado de tilapia con el 35% de proteína, ajustada semanalmente.

Los parámetros de calidad de agua (temperatura, oxígeno, pH y salinidad) se monitorearon dos veces al día (10:30 am y 15:30 pm) con un multiparámetro de marca Apera Instruments PC60. Los recambios de agua se realizaron en el transcurso de la semana, al tercer día con un porcentaje del 30% y cambio total semanalmente.

La biometría de los peces se efectuó semanalmente, registrando la longitud total de los organismos con una regla y su peso con una gramera Scout Pro OHAUS de 0,1 gramos. El experimento tuvo una duración de 3 semanas, luego de lo cual se siguió con los siguientes análisis:

Análisis hematológicos

Culminado el ensayo se realizó la extracción sanguínea a 18 chames por el método de la vena caudal con una jeringa heparinizada de 1ml impregnada de EDTA (anticoagulante). Se ejecutaron extendidos sanguíneos, usando la metodología propuesta por Malachowski y Romanowskyen (1890). Se dejó secar y se fijaron con metanol por 5 minutos, se tiñeron con

May-Gruwanld– Giemsa- Wrigth. El hematocrito se realizó a través de centrifugación por 4000 revoluciones durante 10 min a través de capilares y una carta de lectura de microhematocrito. La hemoglobina se midió con hemoglobinómetro de marca Mission®.

Análisis histológicos

Se tomaron fragmentos $< 3\text{mm}^3$ del intestino del chame, se colocaron en los casetes histológicos rotulados y conservados en formalina al 10%, procesando mediante la técnica de inclusión de parafina descrita por Humason (1979), consistiendo en deshidratación, aclaración, infiltración en parafina, inclusión, corte y tinción.

Análisis de datos

Para determinar diferencias entre los tratamientos se realizó un ANOVA factor; a los test estadísticos realizados se los consideró un nivel de significancia $p < 0,05$; asimismo previo a su realización, se confirmó la homogeneidad de las varianzas (test de Levene) y normalidad de los datos (test de Shapiro – Wilk), Zar (2010).

La relación peso-longitud se estimó mediante la función alométrica $P = aL^b$, Csirke (1980) donde P es el peso en g y L longitud en cm del pez, a es el origen de la función o factor de condición y b es el coeficiente de alometría, que es un indicador del tipo de crecimiento que exhibe una especie.

RESULTADOS

En relación a la calidad físico-química del agua; el oxígeno mostró un valor promedio durante todo el experimento de $3,66 \pm 0,17$, la temperatura, $28,12^\circ\text{C} \pm 0,07$, el pH $8,30 \pm 0,04$ y la salinidad $0,22 \pm 0,01$, en todas las unidades experimentales.

Se estimaron los parámetros de las curvas de crecimiento del peso y longitud en los organismos, a fin de establecer si el crecimiento del chame respecto al uso de los probióticos es alométrico o isométrico.

Los modelos de regresión peso-talla fueron para el Control o testigo: $P = 0,014 L^{2,940}$ con $R^2 = 0,764$; mientras que en el T1: $P = 0,011 L^{3,043}$ con $R^2 = 0,794$ y para el T2: $P = 0,137 L^{2,028}$ con $R^2 = 0,509$ (Figs. 1,2,3).

En lo que corresponde a los parámetros de alometría (b) estimándose a través del modelo de regresión peso - talla, el valor que indicó una relación positiva fue el T1, Csirke (1980), donde $b= 3,04$, mostrando un crecimiento proporcionado entre peso y talla. En cambio, el T2 refleja $b=2,028$, una alometría negativa como desproporción entre peso y talla, (Delgadillo *et al.* 2012).

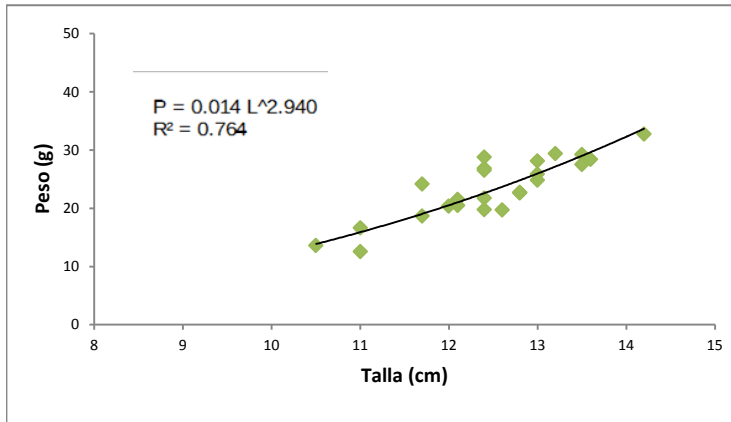


Figura 1. Curva de relación peso - talla de grupo control, el modelo está representado por $P=aL^b$, donde b es el coeficiente de alometría (2,94). R^2 es el coeficiente de determinación, P probabilidad estadística de rechazo.

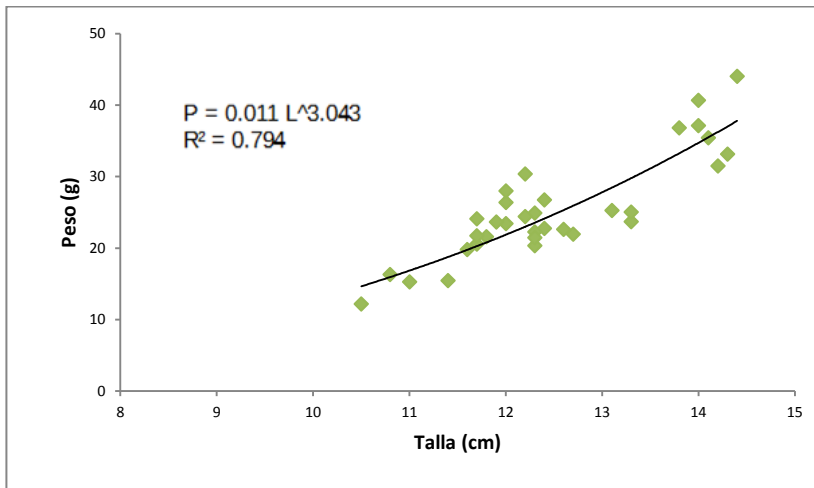


Figura 2. Curva de relación peso - talla de grupo tratamiento T1, el modelo está representado por $P=aL^b$, donde b es el coeficiente de alometría (3,04). R^2 es el coeficiente de determinación, P probabilidad estadística de rechazo.

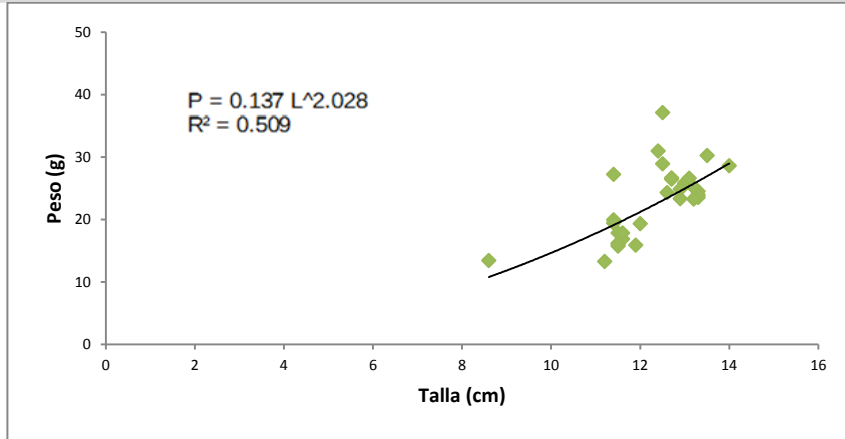


Figura 3. Curva de relación peso - talla de grupo tratamiento T2, el modelo está representado por $P=aL^b$, donde b es el coeficiente de alometría (2,02). R^2 es el coeficiente de determinación, P probabilidad estadística de rechazo.

Al aplicar el análisis de varianza, los resultados muestran que no existió diferencias significativas en los tratamientos, pero se ve una tendencia en el T1 a mejor resultado en la ganancia de peso. (Tabla 1).

Tabla 1. ANOVA de variables peso y talla de juveniles de *D. latifrons* alimentados con un complemento probiótico durante 21 días de cultivo.DS

Tratamiento	Peso	Talla
Control	23,43 ± 5,17 ^a	12,47 ± 0,88 ^a
Tratamiento T1	25,41 ± 7,32 ^a	12,49 ± 1,05 ^a
Tratamiento T2	22,75 ± 5,78 ^a	12,27 ± 1,06 ^a

Los datos son presentados con el valor promedio ± desviación estándar, letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos. (ANOVA, test de Shapiro Wilk y test de Levene; $p < 0.05$).

Los resultados obtenidos en el conteo diferencial de los leucocitos, la determinación del hematocrito y la concentración de hemoglobina; son los siguientes: en la muestra testigo o control, los hematocritos y neutrófilos son más elevados que en el tratamiento T1 y tratamiento T2. En el tratamiento T1 hubo más presencia de hemoglobina comparados con el tratamiento control, sin embargo, el tratamiento T2 no se obtuvo datos. La cantidad más alta de linfocitos y monocitos fueron en el tratamiento T2, no obstante, presentó valores bajos en los basófilos (Tabla 2).

Tabla 2. Valores hematológicos obtenidos posterior a los tratamientos con probióticos en el Chame *Dormitator latifrons*. Ds

Parámetros	Control	Tratamiento T1	Tratamiento T2
Hematocrito (%)	25 ± 4,50	24,9 ± 7,36	21,25 ± 6,18
Hemoglobina (gr/dL)	2,73 ± 5,01	4,62 ± 4,92	N/D
Neutrófilos (%)	31 ± 22,36	24,9 ± 8,43	19 ± 8,17
Linfocitos (%)	65 ± 25,11	71 ± 11,54	73 ± 12,75
Monocitos (%)	3 ± 2,51	4,38 ± 3,42	7 ± 4,55
Basófilos (%)	3	2	1,33 ± 0,57
N° de muestra	3	9	6

N/D: indica que no existe información. N°: número de organismos analizados

Las observaciones microscópicas del intestino del chame revelaron una morfología normal de la pared intestinal.

Los resultados del análisis histológico no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, en cuanto al largo de las vellosidades intestinales. Sin embargo, se observa una clara tendencia en el T1, donde se aprecia vellosidades de mayor tamaño y con más ramificaciones. (Figs. 4, 5).



Figura 4. Cortes longitudinales de intestinos de *Dormitator latifrons*. **A)** Control. **B)** Tratamiento T1. **C)** Tratamiento T2. Nótese el mayor tamaño y ramificación (flechas) en las vellosidades de los organismos del tratamiento 1. L = Lumen intestinal. H-E, Escala de barra = 300 um. H-E es la tinción de hematoxilina-eosina.

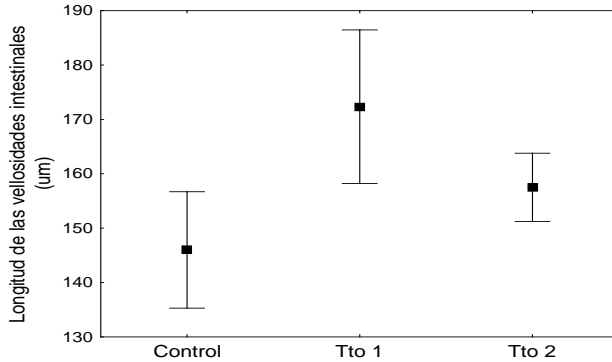


Figura 5. Tto = Tratamiento. Análisis de varianza respecto al largo de las vellosidades intestinales en el chame (*Dormitator latifrons*). Var3: $F(2;177) = 1,479$; $p = 0,05$; KW-H $(2;180) = 4,7678$; $p = 0,05$.

DISCUSIÓN

La relación peso – talla, tuvo valores de 3,04, siendo un crecimiento alométrico positivo en el T1, lo que indica ganancias en carne, en otros estudios se obtuvieron valores alométricos positivos de 3,19 en el chame dando peces cada vez más robustos conforme crecen.

El valor obtenido para los hematocritos fue más elevado en los organismos del control ($25\% \pm 4,50$) en comparación con los dos tratamientos de probióticos 1 ($24,9\% \pm 7,36$) y 2 ($21,25 \pm 6,18$), en un estudio similar de Álvarez (2014), los niveles de hematocrito en alevines de paiche no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) en los tratamientos evaluados, menciona que el valor más alto obtenido (30%) fue para los organismos que consumieron ración sin inoculación de probióticos.

Los resultados obtenidos en los niveles de hematocrito, están relacionados a la filogenia, especie, actividad del pez y el hábitat en que se desenvuelven, según Farrel (2011), sin embargo, se puede decir que están dentro de lo normal, en niveles de hematocrito para los peces teleósteos los cuales van desde los 25 a $> 40\%$.

El nivel de hemoglobina más alto fue de $4,62 \pm 4,92$ g/dL para los organismos tratados con probiótico de 2×10^9 UFC/g (T1), difiere a lo reportado por Álvarez (2014), en los que el valor de hemoglobina en paiche 8,89 g/dL para los alevines que consumieron alimento sin probióticos fue el nivel más alto, sin embargo, menciona a nivel general que los resultados no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$). En otros estudios realizados por Tavares *et al.* (2007) y Drumond *et al.* (2010), reportan valores más altos de hemoglobina 10,4 g/dL; 9,1 y 8,2 g/dL, en

alevines y juveniles de paiche, respectivamente. En este caso el nivel de hemoglobina se mantuvo reducido por estar los animales aislados de su ambiente natural, debido a que no tienen la necesidad de hacer esfuerzos para conseguir alimento, no es depredado y el espacio es reducido y controlado, manteniendo en constante oxigenación las peceras.

En el conteo diferencial obtenido en los dos tratamientos con probióticos, los neutrófilos fueron más elevados en los organismos de testigo o control. Según Reyes (2019) indica que el tamaño y el número de glóbulos blancos excepto los linfocitos, varían con la longitud total de los organismos.

La cantidad más alta de linfocitos y monocitos fueron en el tratamiento T2 (6×10^9 UFC/g.), no obstante, en el conteo de basófilos se obtuvieron los valores más bajos. En los resultados de leucocitos obtenidos por Petrillo (2015) en tilapia del Nilo aplicando probiótico no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Las variaciones de los parámetros hematológicos de los teleósteos son explicadas por Valenzuela *et al.* (2002), quienes consideran factores como pH, hábitat, conducta, temperatura, oxígeno, edad, fotoperiodo, estado nutricional y la metodología usada para su determinación.

En cuanto al largo de la vellosidad intestinal no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, se observó una tendencia en el tratamiento T1, donde se aprecia vellosidades de mayor tamaño y con más ramificaciones, este estudio concuerda con otros estudios similares realizados en tilapia, con la administración en dieta del probiótico *Lactobacillus rhamnosus*, el cual produjo un aumento significativo en la altura de las vellosidades. Se ha propuesto que el aumento en la altura de las vellosidades implica un aumento de la superficie que mejora la absorción de los nutrientes disponibles Caspary (1992). Se asume que la altura de las microvellosidades está directamente relacionada con la superficie de absorción del intestino. En otros estudios realizados en trucha (*Oncorhynchus mykiss*) por Merrifield *et al.* (2010), han demostrado que los probióticos (*Pediococcus acidilactici*) pueden aumentar la altura de las microvellosidades. Ocurre lo contrario en el estudio realizado por Cabrera (2012), donde menciona que el uso de inulina y de *B. subtilis* en la dorada (*Sparus aurata* L.). disminuyeron la altura de las microvellosidades en el intestino del pez.

CONCLUSIÓN

Los parámetros hematológicos, histológicos y zootécnicos en el chame alimentados con raciones suplementadas con diferentes concentraciones de *Lactobacillus sp.*, no fueron influenciados.

A pesar de que el análisis estadístico no mostró diferencias significativas, se evidencia una tendencia de que el tratamiento T2 con mayor concentración de probiótico no fue efectivo en este ensayo.

Se sugiere para la acuicultura del chame la mezcla de bacilos con el tratamiento con organismos probióticos de 2×10^9 UFC/g (T1), ya que resultó ser el producto con el que mejor peso se obtuvo en relación con el tratamiento T2, además de que a nivel de costo representó un ahorro del 29,09% en relación con el T2.

El determinar la evolución de la longitud y el crecimiento del chame, cuando se provee probióticos en la dieta es importante para conocer la biología y el comportamiento que presentan en condiciones de cultivo, por lo tanto, aportará elementos para desarrollar mejores programas de manejo y alimentación y, en general, para mejorar el cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación “Aspectos biológicos del Chame (*Dormitator latifrons*) en ambientes naturales y de producción” financiado por la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

REFERENCIAS

- Álvarez D. (2014). Suplementación de diferentes niveles de probióticos (*Lactobacillus sp*) en la ración, sobre los parámetros hematológicos, bioquímicos sanguíneos y zootécnicos de alevines de paiche (*Arapaima gigas*, Cuvier), en Pucallpa. Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Perú.
- Cabrera, R. C. (2012). Nuevos probióticos y prebióticos para dorada (*Sparus Aurata L.*) Proyecto de investigación.
- Caspary, W.F., (1992). Physiology and pathophysiology of intestinal absorption. *The American journal of clinical nutrition* 55:299S–308S.
- Centeno, A., Reyes, J. (2009). Enfermedades del chame (*Dormitator latifrons*) en cultivo. Tosagua, Manabí, Ecuador.
- Csirke J. (1980). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, *Documento Técnico de Pesca*, 1980:192:82.
- Delgadillo-Calvillo, A. C., Martínez-Palacios, C. A., Berruecos-Villalobos, J. M., Ulloa-Arvizu, R., López-Ordaz, R., & Vásquez-Peláez, C. G. (2012). Caracterización de la curva de

- crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos. *Veterinaria México*, 43(2):113-121.
- Drumond, G., Caixeiro, A., Tavares; M., Marcon, J., Affonso, E. (2010). Características bioquímicas y hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (*Arapaimidae*) de cultivo semi-intensivo *Acta Amazónica* 40(3):591-596.
- FAO, (2011). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. ISBN 978-92-5-306658-2.
- Freire, L. (2001). Enfermedades del Chame. *Revista Raíces Productivas*. Guayaquil – Ecuador. Edición. 44. Pp. 32-33.
- Humason, G. L. (1979). Animal tissue techniques, 4thEdition. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California, 661 pp.
- Lara F, M.; Escobar Briones, L.; Olvera Novoa, MA., (2002). Avances en la utilización de probióticos como promotores de crecimiento en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). (en línea). Mérida Yucatán, MX. Consultado 09 mayo 2019. Disponible en: http://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VI/archivos/A22.pdf.
- Malachowski, E; Romanowsky D.L., (1890) On the question of the structure of malaria parasites. *Vrach* 11: 1171-1173. [http://www.romanowsky.ru/sitefiles/docs/Romanowsky1\(orig\).pdf](http://www.romanowsky.ru/sitefiles/docs/Romanowsky1(orig).pdf) (accessed January 2019) [Russian]; [http://www.romanowsky.ru/sitefiles/docs/Romanowsky1\(en\).pdf](http://www.romanowsky.ru/sitefiles/docs/Romanowsky1(en).pdf).
- Martínez D, (2011). Efectos de la administración del probiótico *Shewanella* pdp 11 en juveniles de lenguado senegalés (*Solea Senegalensis*, Kaup 1858) y desarrollo de un método para su microencapsulación. Tesis Ing. Agrónomo. Almería. Universidad de Almería. 98 p.
- Merrifield, D. L., Harper, G. M., Dimitroglou, A., Ringø, E., & Davies, S. J. (2010). Possible influence of probiotic adhesion to intestinal mucosa on the activity and morphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) enterocytes. *Aquaculture Research*, 41(8):1268-1272.
- Nutrivet, (2009). (Nutrición Veterinaria, GT) información técnica del *Bacillus subtilis* y del producto BIOTEC Guatemala, GT, Nutrivet (trifolio).
- Petrillo, T. R. (2015). Efeito probiótico do *Bacillus amyloliquefaciens* na aerocistite aguda em tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).
- Reyes, B. (2019). Caracterización de los parámetros sanguíneos del chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) en ambientes naturales y de producción. Tesis de grado, Universidad Técnica de Manabí.

- Tavares, M., Barcelos, M., Marcon, L., Menese, C., ONO, A., Alfonso, G. (2007). Hematological and biochemical parameters for the pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (*Osteoglossiformes, Arapaimidae*) in net cage culture. *Electronic J Ichthyol* 2:61 –68.
- Valenzuela, A., Alveal, K., Tarifeño, E. (2002). Respuestas Hematológicas de truchas (*Oncorhynchus Mykiss Walbaum 1792*) a estrés hipoxico agudo: Serie Roja.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Pearson Prentice-Hall. Upper Saddle River, NJ.

Parámetros bioquímicos y defensa antioxidante en el tejido gonadal del mejillón marrón *Perna perna* (Bivalvia: Mytilidae) bajo condiciones de cultivo en la estación experimental La Fragata, estado Sucre, Venezuela

Jesús Boada-Cova¹, Patricia Velásquez-Votteler^{1,2}, Edgar Zapata-Vivenes¹, Raquel Salazar-Lugo²

¹Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente, | ²Laboratorio de Inmunotoxicidad y Proteínas, Postgrado de Biología Aplicada, Universidad de Oriente, Venezuela.

✉ jj_boada@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluaron algunos parámetros bioquímicos y de la defensa antioxidante en tejido gonadal del mejillón marrón *Perna perna* cultivado en un sistema *long line* (estación experimental La Fragata, estado Sucre). Se realizaron muestreos mensuales desde diciembre-2017 hasta mayo-2018; se determinó en la zona de muestreo: temperatura, pH y clorofila *a*. Se colectaron 15 organismos de manera aleatoria en la zona media de la cuerda, luego de la colecta se determinó biomasa y longitud total de los organismos. En el tejido gonadal se cuantificó la concentración de proteínas y carbohidratos totales, la actividad de la enzima catalasa (CAT) y la concentración de los grupos tioles totales (TT). Las variables ambientales obtenidas son características de los meses de surgencia costera en el Golfo de Cariaco, presentando temperaturas menores a 25 °C con altas concentraciones de clorofila *a*; los organismos en cultivo presentaron crecimiento progresivo hasta marzo 2018 alcanzando su talla comercial (70 mm) en mayo 2018. Se observó al inicio del estudio valores similares de proteínas y carbohidratos donde los mejillones probablemente utilizaban sus reservas energéticas internas para el desarrollo y madurez gonadal, mientras que, en abril los niveles de proteínas y carbohidratos disminuyeron debido al desove. En mayo se evidenció una rápida recuperación de las concentraciones de estas biomoléculas. Se observaron aumentos de la actividad de la CAT, TT en los meses donde ocurrió el desove y comenzó a incrementar la temperatura. Los resultados podrían reflejarse en el nivel de producción y en la calidad nutricional de mejillones en cultivo suspendido.

Palabras clave: carbohidratos, catalasa, mejillón marrón, proteínas, tioles

INTRODUCCIÓN

Los mejillones son organismos dioicos, de fecundación externa en el mar, exteriormente carecen de dimorfismo sexual y frecuentemente muestran coloración en el manto y en las gónadas (Acosta *et al.*, 2009). El mejillón es un organismo filtrador que se alimenta reteniendo las partículas de fitoplancton y de detritus orgánicos en suspensión en el agua de mar (Sexto, 2015). Son organismos poiquilotermos, su temperatura corporal depende de la temperatura del ambiente ya que no tienen capacidad de termorregulación (Tejera *et al.*, 2000).

El cultivo del mejillón marrón *P. perna* constituye un rubro de gran potencial económico y nutricional en la región nororiental de Venezuela, puesto que este organismo ha demostrado capacidad de aclimatación, crecimiento y reproducción en cultivos pilotos, además es considerada una especie bioindicadora de impacto biológico. Estos sistemas de acuicultura intensiva se caracterizan por utilizar elevadas densidades de organismos, mayores de los que soportan los ecosistemas naturales, orientados en principio a generar mayor beneficio económico; estas condiciones, además de factores bióticos (como la reproducción) y la variación estacional de factores ambientales como pH y temperatura, pueden provocar cierto estrés en los animales involucrados, induciéndoles una inmunosupresión y posiblemente un estado pro-oxidativo y modificación de las concentraciones de sus componentes bioquímicos.

En este sentido, en esta investigación se evaluaron algunos parámetros bioquímicos y antioxidantes en el tejido gonadal de *P. perna* bajo cultivo en la estación experimental La Fragata, estado Sucre, Venezuela.

MATERIALES Y METODOS

Los organismos fueron obtenidos en la estación experimental de La Fragata de la Fundación para la Investigación y Desarrollo de la Acuicultura del Estado Sucre (FIDAES), ubicada en el municipio Bolívar, estado Sucre (10°27'5.40"N 63°56'45.10"W). En la zona de muestreo, el cultivo de mejillones está dispuesto de manera lineal en un sistema llamado *long line*, presenta 10 cuerdas de caucho (4 m) fijadas a una boya flotante de anime, usando tiras de caucho entrelazadas como sustrato para la fijación de los organismos. En estas cuerdas fueron sembradas inicialmente 200 semillas (aproximadamente de 2,5 cm de longitud) de *P. perna* en abril del año 2017. El estudio se realizó en un periodo de 6 meses continuos (diciembre 2017-mayo 2018).

Una vez al mes, se colectaron en la zona media de la cuerda mediante extracción manual 15 individuos adultos de tallas similares de manera aleatoria. Luego de la colecta fueron pesados en una balanza digital portátil SF-400 y la talla (longitud total) se determinó con un vernier

Stainless Harenead mm/inch. En la zona de cultivo se realizaron registros mensuales de pH (pHmetro QW047A), temperatura (termómetro ambiental); la concentración de clorofila *a* se estimó mediante el sistema satelital NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). Seguidamente, los mejillones fueron transportados al Laboratorio de Proteínas e Inmunotoxicidad de la Universidad de Oriente en contenedores con agua de mar, donde inmediatamente se almacenaron a -20°C para realizar posteriormente los análisis de los parámetros bioquímicos en el tejido gonadal.

Proteínas

La cuantificación de los niveles de proteínas totales se estimó en el tejido gonadal del mejillón mediante el método colorimétrico de Lowry (Lowry *et al.*, 1951). Se usó como estándar albumina de suero bovino (ASB) 0,1 mg/ml a partir de la cual se obtuvo la curva de calibración. Los resultados se expresaron en mg/gmh.

Carbohidratos

La determinación de carbohidratos totales se realizó según el método de antrona (Van-Handel, 1965; Cruz, 2012) en el tejido gonadal. La curva estándar se realizó a partir de glucosa anhidra (0,1 mg/ml). Los resultados se expresaron en mg/gmh.

Tioles totales

Para la cuantificación de los grupos tioles totales (TT) se utilizó la metodología propuesta por Ellman (1959). La concentración de los grupos TT se estimó empleando una curva de calibración, preparada a partir de una solución madre de glutatión reducido 100 mmol/l en agua destilada. Cada una de las muestras se analizaron por duplicado y los resultados fueron expresados en mmol/gmh.

Catalasa

Para la preparación del extracto enzimático se tomó 0,1 g de tejido gonadal se homogenizó con 0,9 ml de buffer de extracción, Tris HCl 20 mmol/l a pH 7,6 conteniendo: EDTA 1 mmol/l, dicloro difenil tricloroetano (DDT) 1 mmol/l, sacarosa 500 mmol/l, KCl 150 mmol/l) y 50 µl de fluoruro de fenilmetilsulfonilo (PMSF) 100 mmol/l. El homogenizado se centrifugó a 1 100 x g por 10 min a 4°C y luego el sobrenadante resultante se centrifugó nuevamente a 2 200 x g durante 20 min a 4°C. El sobrenadante final se tomó como fuente de la enzima. La actividad de la enzima catalasa fue determinada midiendo el descenso de la concentración de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) a una longitud de onda de 240 nm (Claiborne, 1984) (Coeficiente de extinción

40 mmol/l) en un espectrofotómetro Perkin Elmer Lambda 25/35/45 UV/Vis. Los resultados se expresaron en U/gmh.

Análisis estadístico

Se aplicó un diseño ANOVA sencillo, con un 95% de confiabilidad; en las variables donde no se cumplieron los supuestos necesarios para realizar ANOVA, se aplicó el método no paramétrico Kruskal Wallis con el propósito de asumir, bajo hipótesis nula, que todos los datos provienen de la misma distribución y de esta forma, establecer diferencias entre los valores experimentales (Kruskal y Wallis, 1952). Los datos se expresaron con medias y desviaciones estándar en tablas y gráficos, y los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico Statgrafic Plus versión 5.1 en ambiente Windows.

RESULTADOS

Parámetros ambientales

pH

La medición de pH durante los meses de muestreo registró su valor máximo en el mes diciembre 2017 (pH 8,03), desde enero 2018 hasta mayo 2018 descendió progresivamente, fluctuando de 7,8 (enero) a 7,06 (mayo 2018) (Fig. 1A).

Temperatura

La temperatura osciló en 20,3; 19,4 y 17,7°C en los meses de diciembre 2017, enero 2018 y febrero 2018, respectivamente, posteriormente aumentó en marzo a 23,3°C y luego en abril y mayo se mantuvo entre 22,5 y 22,9°C, respectivamente (Fig. 1B).

Clorofila α

La menor concentración de clorofila *a* se obtuvo en el mes de diciembre 2017 con 0,5 mg/ml, para luego producirse un aumento considerable en el mes de enero de 2018 con una concentración de 26,5 mg/ml (Fig. 1C). Sin embargo, desde febrero de 2018 hasta mayo de 2018 las concentraciones de la biomasa fitoplanctónica disminuyeron y se mantuvieron en 2,4; 8,2 mg/ml; 3,0 y 2,5 mg/ml, respectivamente.

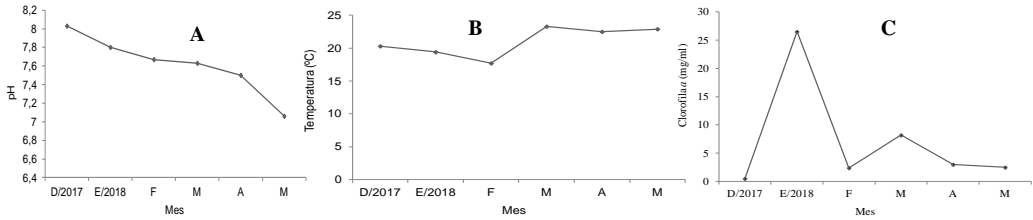


Figura 1. Variación mensual del pH (A), la temperatura (B) y concentración de clorofila *a* (C) en la estación experimental La Fragata de FIDAES, municipio Bolívar, estado Sucre, Venezuela.

Biometría

Biomasa

Los promedios de biomasa de *P. perna* en los meses muestreados presentaron diferencias significativas ($KW= 75,48$; $p<0,01$), donde la menor media se obtuvo para el mes de diciembre 2017 ($18,84 \pm 2,23$ g), sin embargo, se pudo observar un incremento para los meses enero y febrero y los mayores promedios se obtuvieron para marzo, abril y mayo (Fig. 2A).

Longitud

Para la longitud total del mejillón marrón *P. perna* durante los meses de muestreo, se observan diferencias altamente significativas ($KW= 58,95$; $p<2,00048^{E-11}$), arrojando un patrón similar al de la biomasa con la menor media en el mes de diciembre 2017 ($5,80 \pm 0,23$ cm), seguido de un incremento de longitud para los meses enero y febrero y las mayores medias se observaron en los meses marzo ($8,24 \pm 0,57$ cm), abril ($8,48 \pm 0,74$ cm) y mayo $8,26 \pm 1,21$ cm) (Fig. 2B).

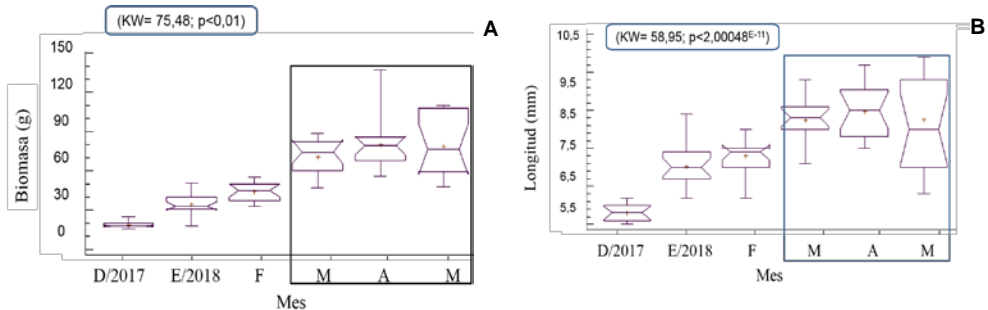


Figura 2. Variación mensual de la biomasa (A) y la longitud total (B) del mejillón *P. perna* colectados en la estación experimental La Fragata de FIDAES, estado Sucre, Venezuela.

Parámetros bioquímicos en tejido gonadal

Proteínas

El contenido de proteínas en el tejido gonadal de *P. perna* mostró diferencias significativas (KW=58,83; $p < 2,1154 \times 10^{-11}$) según los meses estudiados; se puede observar que durante los meses de diciembre de 2017, enero, febrero y marzo de 2018 el contenido de proteínas se mantuvo constante ($75,00 \pm 41,04$ mg/gmh; $79,47 \pm 29,12$ mg/gmh y $84,30 \pm 32,69$ mg/gmh) mientras que la menor media se presentó en el mes de abril de 2018 ($11,63 \pm 3,54$ mg/gmh), seguido de un incremento en mayo de 2018 con una concentración de $142,83 \pm 31,97$ mg/gmh (Fig. 3A).

Carbohidratos

El contenido de carbohidratos mostró cambios significativos (KW=55,77; $p < 9,03152 \times 10^{-11}$), las menores medias se observaron en los meses de diciembre 2017, enero y abril del 2018 partiendo de una media inicial de $3,86 \pm 1,07$ mg/gmh, se observaron incrementos en los meses de febrero y marzo; posteriormente al final del experimento en mayo se obtuvo la mayor media en el contenido de carbohidratos de $120,102 \pm 35,69$ mg/gmh (Fig. 3B).

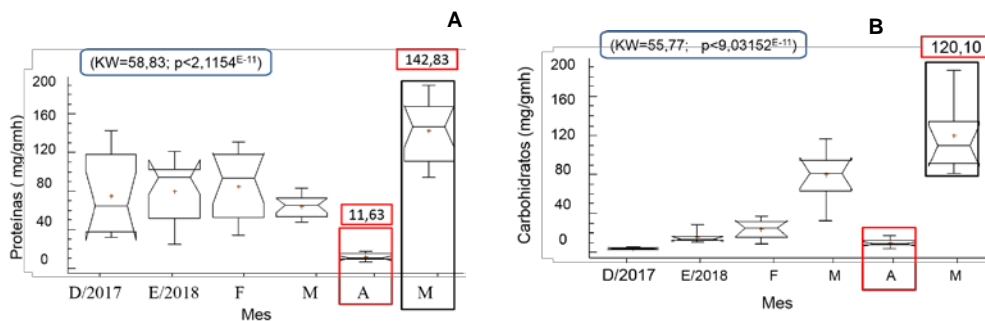


Figura 3. Variación mensual de la concentración de proteínas (A) y carbohidratos (B) en el tejido gonadal del mejillón *P. perna* colectados en la estación experimental La Fragata de FIDAES, estado Sucre, Venezuela.

Parámetros antioxidantes

Catalasa

La actividad específica de la CAT mostró diferencias significativas en los diferentes meses estudiados (KW= 24,76; $p < 0,000154$). La actividad de esta enzima al inicio del estudio en diciembre del 2017 presentó una media de $91,02 \pm 79,59$ U/gmh y se mantuvo su actividad en

los meses de enero, febrero, marzo y abril de 2018; sin embargo, para mayo la actividad de CAT aumentó a $283,46 \pm 147,03$ U/gmh (Fig. 4A).

Tioles totales

El contenido de grupos tioles mostró diferencias significativas en los meses estudiados (KW=70,59; $p < 0,001$), se puede observar que en los dos primeros meses de estudio diciembre del 2017 y enero 2018 el contenido de tioles totales se mantuvo constante para luego producirse una disminución en el mes de febrero 2018 con $14,58 \pm 8,56$ mmol/gmh, posteriormente ocurrió un incremento en la concentración de los grupos SH en los meses de marzo ($136,86 \pm 42,86$ mmol/gmh), abril ($151,67 \pm 74,59$ mmol/gmh) y mayo ($109,68 \pm 21,68$ mmol/gmh) de 2018 (Fig. 4B).

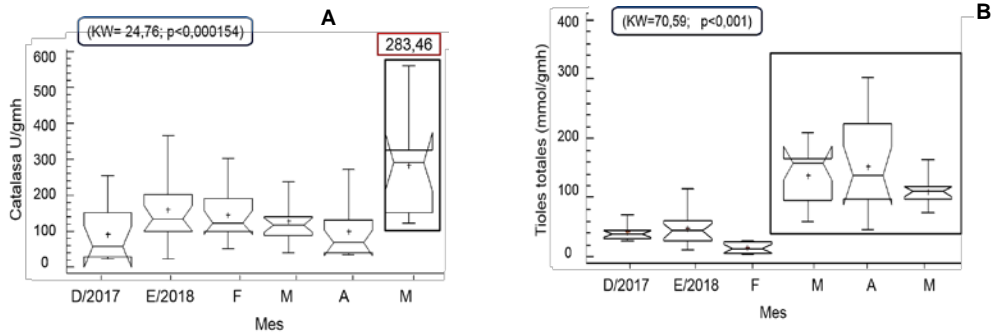


Figura 4. Variación mensual de la actividad específica de la enzima catalasa (A) y concentración de tioles totales (B) en el tejido gonadal del mejillón *P. perna* colectados en la estación experimental La Fragata de FIDAES, estado Sucre, Venezuela.

DISCUSIÓN

En general, los resultados de la investigación reflejan variaciones de los niveles de proteínas y carbohidratos en el tejido gonadal, condicionadas por los periodos de desove y recuperación del mejillón. Los cambios observados en el tejido gonadal de *P. perna* en las concentraciones de proteínas y carbohidratos están relacionadas probablemente con la presencia de la surgencia costera, es decir, mayor disponibilidad de alimento. Se observaron concentraciones constantes en los primeros meses de muestreo (diciembre, enero, febrero), pero luego se produce un descenso en el mes de abril de 2018 de estas biomoléculas debido a la reproducción; finalmente ocurre un aumento considerable relacionado con el periodo de recuperación luego del desove. Tal como se mencionó, en este estudio se observó en los meses enero-marzo de 2018 aumento de la concentración de clorofila *a* con el mayor pico en enero y una temperatura acorde con el inicio de los meses de surgencia costera, en este período las concentraciones de proteínas y

carbohidratos se mantuvo constante; lo cual podría estar relacionado con la presencia de estas biomoléculas en este tejido como fuente primaria en los estadios de desarrollo y madurez en las primeras etapas de crecimiento del mejillón. Estos organismos utilizan sus reservas internas (proteínas, carbohidratos y lípidos) para el desarrollo, aprovechando las temperaturas bajas y aguas frías ricas en nutrientes. Un comportamiento similar ha sido reportado en ostras, donde las reservas internas son movilizadas antes y durante los procesos de maduración gonadal y cuando la temporada de surgencia está presente en el medio (Natera, 2010).

Al respecto, las variables ambientales obtenidas, principalmente la temperatura, pH y la clorofila *a*, son características de la temporada de estratificación o surgencia que se presentan anualmente en las costas de Venezuela. La temporada de afloramiento fue evidenciada durante todo el periodo de estudio, exhibiendo temperaturas menores a 25 °C y altas concentraciones de clorofila *a* como lo reportan diferentes investigadores en el Golfo de Cariaco (Márquez *et al.*, 2011). En la época de surgencia la intensidad de los vientos alisios provocan el afloramiento de aguas frías y el incremento de nutrientes en los primeros meses del año, tal como se observó en el pico de clorofila *a* en enero de 2018. Para el mes de mayo mes de transición de la surgencia para la entrada de la relajación, la temperatura incrementa y el pH desciende con respecto a los otros meses.

En este estudio el desove de los mejillones *P. perna* se reportó en el mes de abril de 2018 donde la temperatura estuvo menor a 25 °C con disponibilidad de alimento. En este mes se observó disminución de la concentración de proteínas y carbohidratos en el tejido gonadal, esto se corresponde de manera temporal con este periodo reproductivo, etapa que requiere mucho gasto energético y metabólico. En este sentido, otros trabajos también han mostrado bajos contenidos de carbohidratos y proteínas relacionados con el desove en los mejillones *Tagelus peruvianus* (Fonceca *et al.*, 2011) y *M. edulis* (Nahrgang *et al.*, 2013). Durante el mes de mayo 2018 se observó una rápida recuperación de los niveles de proteínas y carbohidratos en el tejido gonadal, obteniéndose los mayores valores promedios. Estos resultados coinciden con lo reportado por Prieto *et al.* (1999), los cuales señalan que la actividad gonádica del *P. perna* es continua, con desoves parciales y rápidas recuperaciones de sus componentes bioquímicos (proteínas y carbohidratos).

En los meses de diciembre de 2017- marzo de 2018, los mejillones mostraron incrementos progresivos en la longitud y biomasa para luego mantenerse constante al final del estudio donde los bivalvos alcanzaron una talla comercial de 78 mm, y un peso de 79,8 g; esto está relacionado probablemente con la biodisponibilidad de alimento, niveles ricos de nutrientes, acumulación de carbohidratos en los tejidos. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Acosta *et al.* (2009) en *P. viridis* y *P. perna* los cuales, bajo condiciones de cultivo suspendido, mostraron crecimiento progresivo.

El incremento de la temperatura estimula los procesos metabólicos y la tasa respiratoria mitocondrial (Lushchak, 2011) y con ello un incremento en la producción de especies reactivas del oxígeno (EROs). En este estudio se evaluó la variación mensual de la actividad de una enzima antioxidante y los niveles de moléculas ricas en grupos tioles en el tejido gonadal, observando de manera general aumento de la actividad de la catalasa en el último mes de estudio y de los grupos tioles totales en los meses donde se dio el desove y comenzó a incrementar la temperatura. Posiblemente, algunas condiciones de la dinámica en la localidad de La Fragata de FIDAES tales como la disponibilidad de alimento, pH, reproducción y temperatura, sean factores importantes para potenciar los mecanismos moleculares de respuesta a estrés en esta especie; en mayo 2018 se observó aumento de las moléculas antioxidantes en el tejido gonadal del mejillón marrón relacionado posiblemente con el fin de la temporada de estratificación. Los factores ambientales pueden modificar la tasa metabólica de organismos y consecuentemente, la tasa de producción de EROs (Borkovic *et al.*, 2005).

En síntesis, se observó que el mejillón marrón *P. perna* presenta variaciones bioquímicas y antioxidantes a lo largo de todo el período experimental en el cultivo suspendido (*long line*), relacionado posiblemente con dos factores importantes como son las variaciones ambientales presentes en los meses de estratificación o surgencia costera que se originan en las costas del oriente venezolano y el desove, con rápidas recuperaciones de las proteínas y carbohidratos; estos factores podrían afectar a la calidad nutricional y organoléptica de la carne; además en estos meses se dio un aumento en la biomasa y talla asociado con aumento del contenido de carbohidratos y disponibilidad de alimento logrando alcanzar su talla comercial, lo que indica que esta especie mostró eficiencia para aclimatarse y explotar los recursos presentes en la zona de cultivo suspendido. Se podría considerar una especie potencial, de fácil adaptabilidad, para lograr altos niveles de producción en la acuicultura artesanal de la zona nororiental del estado Sucre.

CONCLUSIONES

Los parámetros ambientales obtenidos fueron típicos del periodo de surgencia costera, con temperaturas menores a 25 °C y alta concentración de clorofila *a*.

Los mejillones presentaron incrementos progresivos tanto en la longitud como en la biomasa (diciembre 2017- marzo de 2018), relacionado con la disponibilidad de alimento, alcanzando una talla comercial mayor de 70 mm.

Las variaciones mensuales del contenido de carbohidratos y proteínas, con mayores promedios en el mes de mayo en el tejido gonadal, están relacionados posiblemente con la

reproducción (madurez y desove) y factores ambientales (clorofila *a*, temperatura).

El tejido gonadal del mejillón marrón, presentó variación de parámetros antioxidantes (catalasa y grupos -SH), relacionado con la reproducción e incremento de las temperaturas en marzo, abril y mayo.

REFERENCIAS

- Acosta, V.; Lodeiros, C.; Prieto, A.; Glem, M. y Natera, Y. (2009). Efecto de la profundidad sobre el crecimiento de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) en cultivo suspendido, en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 27(3):315-328.
- Borkovic, S.; Saponjic, S.; Pavlovic, S.; Blegojevic, D.; Milosevic, S.; Kovacevic, T.; Rodojicic, R.; Spasic, M.; Zikic, R. y Saicic, Z. (2005). The activity of antioxidant defense in the mussel *Mytilus galloprovincialis* from the Adriatic. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 141:366-374.
- Claiborne, A. (1984). *Catalase activity handbook of Methods for Oxygen radical research*. Novena edition. Greenwald. Boca Raton, United States.
- Cruz, L. (2012). Ciclo anual de la condición nutricional en la almeja generosa, *Panopea globosa*, de Bahía Magdalena B.C.S México. Trabajo de Doctorado. Departamento Biología Marina, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, México.
- Ellman, G. (1959). Quantitative determination of peptides by sulfhydryl (-SH) groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82:70-77.
- Fonseca, C.; Marín, C.; Cruz, R. y Toledo, P. (2011). Variación estaciona de la composición proximal del mejillón *Tagelus peruviansis* (Bivalvia: Solecurtidae) del Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. *Biología Tropical*, 59:1517-1523.
- Kruskal, W. y Wallis, W. (1952). Uso de grados en el análisis de varianza de un criterio. *Journal of the American Statistical Association*, 47(260):583-621.
- Lowry, O.; Rosebrough, N.; Farr, L. y Randal, J. (1951). Protein measurement with folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193:265-275.
- Lushchak, V. (2011). Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. *Aquatic toxicology*, 101:13-30.
- Márquez, A.; Senior, J.; Benítez, A.; Fermín, I.; Martínez, G.; González, Á. y De la Cruz, R. (2011). Sector Oriental del Golfo de Cariaco, Venezuela. Una descripción de su dinámica hidroquímica, procesos, y del rol de la surgencia costera estacional. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 50(2):255-272.

- Nahrgang, J.; Brooksb, S.; Evenseta, L.; Camusa, M.; Jonssona, J.; Smitha, J.; Lukinaa, M.; Frantzena, E. y Giarratanoe, E. (2013). Seasonal variation in biomarkers in blue mussel (*Mytilus edulis*), Icelandic scallop (*Chlamys islandica*) and Atlantic cod (*Gadus morhua*) Implications for environmental monitoring in the Barents Sea. *Aquatic Toxicology*, 127:21-35.
- Natera, Y. (2010). Composición bioquímica de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* bajo sistema de cultivo suspendido en la Ensenada de Turpialito. Trabajo de grado. Departamento de Biología, Universidad de Oriente. Cumaná, Venezuela.
- Prieto, A.; Vásquez, M. y Ruiz, L. (1999). Dinámica energética del crecimiento en una población del mejillón *Perna perna* (Filibranchia: Mytilidae) en el noreste del Estado Sucre, Venezuela. *Biología Tropical*, 47(3):399-410.
- Sexto, A. (2015). Estudio del perfil transcriptómico de mejillones (*Mytilus galloprovincialis*) sometidos a la exposición de ácido okadaico. Caracterización de las fosfatasa PP1 y PP2A. Tesis doctoral. Departamento de Biología Celular y Molecular, Universidad de Coruña. La Coruña, España.
- Tejera, E.; Oñate, I.; Núñez, M. y Lodeiros, C. (2000). Crecimiento inicial del mejillón marrón (*Perna perna*) y verde (*Perna viridis*) bajo condiciones de cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 34(2):143-158.
- Van-Handel, E. (1965). Estimation of glycogen in small amounts of tissue. *Analytical Biochemistry*, 11:256-265.

Crecimiento y supervivencia de la ostra perlera *Pteria sterna* (Gould, 1851), en cultivo suspendido

Gilbert Antonio Lucas Zambrano, Luis Manuel Treviño Zambrano, Jorge Vélez Falcones,
Alan García Bermúdez, César Lodeiros

Grupo de investigación, en Biología y cultivo de moluscos; Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinaria, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

✉ luismt_82@hotmail.com

RESUMEN

La ostra perlera *Pteria sterna* (Gould, 1851), es considerada una especie de interés comercial, con una calidad de producción (carne y perlas), además su concha se puede utilizar para fabricar artesanía, así como polvo de nácar para la industria farmacéutica y biomédica. En el presente estudio se evaluó el crecimiento y la supervivencia de la ostra perlera *Pteria sterna*, bajo condiciones de cultivo suspendido en el estuario del río Chone, confinadas en cestas *lanter nets* a una densidad equivalente a la cobertura del 50% de la superficie de la base de la linterna, hasta alcanzar talla comercial antero-posterior de 59,49 mm a los siete meses. Mensualmente los organismos fueron muestreados para análisis biométricos y supervivencia, así mismo fueron monitoreados los factores ambientales del agua circundante al cultivo. Los resultados, muestran una gran factibilidad del cultivo de la ostra. La longitud antero-posterior al final del estudio fue de $59,49 \pm 4,9$ mm. El peso seco de la concha tuvo el típico comportamiento exponencial, a partir de finales de noviembre, llegando a obtenerse una masa seca de $22,69 \pm 4,2$ g al final del experimento. Las masas secas de los tejidos tuvieron siempre un crecimiento exponencial, hasta noviembre, llegando a alcanzar de $4,63 \pm 1,2$ g. Los factores ambientales muestran rangos de temperaturas entre 24-29°C, los valores más altos se obtuvieron entre diciembre y enero con 29°C, para finales de enero baja a 25 °C. La salinidad se mantuvo con valores entre 20-33 ups disminuyendo drásticamente entre enero y febrero, donde la salinidad bajo a 16 ups provocando la mortalidad total de los organismos en cultivo. La turbidez en el sitio de cultivo presento valores entre 30-100 cm registrando los valores más altos entre agosto a 100 cm, y los valores más bajos entre enero y febrero 30-40 cm.

Palabras clave: Ostra perlera, crecimiento, supervivencia, estuario rio Chone.

INTRODUCCIÓN

En el Pacífico tropical y subtropical americano, existen aproximadamente cincuenta especies de moluscos bivalvos en su totalidad, pero solo dos con un potencial para producir perlas (la madreperla *Pinctada mazatlanica* y la concha nácar *Pteria sterna*) son las que producen un nácar iridiscente adecuado para perlas de calidad. Aunque algunos ensayos de producción perlífera se han realizado en el Pacífico americano, solo México ha promovido una industria perlera a baja escala en la zona subtropical de Baja California Sur, y con ello cierta información de las especies (Leon de la Luz *et al.*, 2012).

El cultivo de *Pteria sterna* en aguas ecuatoriales (Treviño *et al.*, 2011) muestra la factibilidad de crecimiento en cultivo suspendido en las costas de la provincia de Santa Elena, demostrando un crecimiento rápido, alcanzando tallas de 100 mm de longitud máxima en 1 año, con poca influencia de los factores ambientales en la zona, a no ser una influencia negativa en el periodo reproductivo y elevadas temperaturas. Dichos autores establecen que la especie (*Pteria sterna*) puede ser un buen candidato para actividades de acuicultura. Específicamente en el estuario del río Chone, solo existe un trabajo (Treviño *et al.*, 2007) el cual establece una gran factibilidad de esta especie (*Pteria sterna*) para cultivo en la zona estuarina, mientras la salinidad no baje a más de 12 ups.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el estuario río Chone, en una plataforma flotante ubicada en Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador con coordenadas (69; 0°36'10.9" S y 80°25'2" W), en la cual se llevó a cabo el cultivo experimental en suspensión usando linternas (*lanter nets*).

Origen de la semilla

El cultivo se estableció desde finales de julio a finales de enero del 2019 con semillas de *Pteria sterna* con talla promedio de $15,2 \pm 0,25$ y $13,5 \pm 0,24$ mm en longitud antero-posterior y dorso-ventral, respectivamente (intervalo de confianza al 95% como índice de dispersión en todas las medidas). Las semillas de *P. sterna* se obtuvieron del ambiente natural por fijación en sistema de cultivo, en la Península de Santa Elena desde el Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (CENAIM-ESPOL), quienes suministraron las semillas y se transportaron en contenedores isotérmicos sin agua a baja temperatura, humedecidas mediante papel absorbente saturado de agua salada.

Diseño experimental

Una vez en el laboratorio, las semillas se clasificaron para obtener tallas homogéneas, un total de 120 organismos se dispusieron en saco de malla plásticas de cultivo de cinco milímetros de apertura de ojo de malla. Cuando las ostras alcanzaron una talla adecuada (> 20 mm) en longitud antero-posterior, se retiraron de los sacos y se dispersaron en las *lanter nets*, manteniendo siempre una densidad de organismos con una cobertura equivalente a la mitad de la base de los pisos de las cestas, establecida mediante desdobles mensuales (Ventilla 1982; Lodeiros *et al.*, 2018).

El experimento se realizó con al menos 3 réplicas, considerando una extra de sustitución, en función de reemplazar la descompensación (muerte) de la densidad de cultivo en el experimento debido a mortalidad por depredación, pérdidas de cestas y/o organismos muestreados. Todo el cultivo se desarrolló a una densidad equivalente a la cobertura del 50% de la superficie de la base de las linternas, el experimento tuvo una duración de aproximadamente siete meses

Crecimiento

Mensualmente se utilizaron lotes de 15 organismos por réplicas para los análisis biométricos (longitud máxima antero-posterior, dorso-ventral y entre valvas), con un vernier de 0,01 mm de precisión, y el peso total del organismo en gramos (g) utilizando una balanza de (0,01 g de precisión), así mismo se separó los tejidos blandos de la concha para determinar su masa seca en g utilizando una balanza analítica de (0,001 g de precisión).

Análisis de masa seca

Para determinar los incrementos de peso absoluto del crecimiento, el peso seco del tejido de los organismos se obtuvo en una estufa por 24 horas el cual se sometió a un proceso de deshidratación a 60 °C, posteriormente las muestras fueron pesadas en una balanza analítica de 0,01 g, se llevaron a una mufla a 500°C por 4 horas para obtener el peso seco total. Los incrementos entre valores absolutos de los parámetros de crecimiento en dimensión y peso de la concha como el tejido blando, se analizaron entre muestreos sucesivos con un *t-student* con una probabilidad de $P=0,05$, tras comprobar su distribución normal y homogeneidad de varianzas (Zar, 2010).

Variabilidad de los factores ambientales

En función de observar el efecto de los factores ambientales en los organismos de cultivo (particularmente en el crecimiento y la supervivencia), en el agua circundante a los cultivos se

determinó la temperatura (termómetro de mercurio, 0,1 de apreciación), así como la salinidad (refractómetro; 1 ups de apreciación) y concentración de oxígeno (oxigenómetro, 0,01 ppm de precisión), y el seston en sus componentes orgánico, inorgánico y biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila *a*. El seston se determinó tras filtración de 400 ml de agua en un sistema millipore reteniendo el contenido en filtros Whatman GFF (0,7 μm poro) siguiendo las recomendaciones de (Rangel, 2001), determinación realizada mediante colaboración con el CENAIM-ESPOL. Los valores de los factores ambientales y del crecimiento fueron graficados en una misma dimensión temporal, en función de visualizar correlatividad entre las curvas.

Supervivencia

Se establecieron muestreos mensuales donde se contabilizaron los organismos vivos para determinar la supervivencia, observando en las conchas anomalías que puedan indicar su efecto por depredación, contabilizando posibles depredadores (jaibas, estrellas de mar, gasterópodos, etc.) dentro de las cestas de cultivo.

RESULTADOS

El crecimiento de la concha *Pteria sterna* fue lineal. Desde finales de julio a finales de noviembre hubo un incremento (el más acelerado en el periodo experimental), y menores tasas de crecimiento en enero, particularmente en la longitud entre valvas, que no mostró crecimiento significativo. La longitud antero-posterior al final del estudio fue de unos $59,49 \pm 4,9$ mm (Fig. 1A). La masa seca de la concha tuvo el típico comportamiento exponencial, incrementándose las tasas de crecimiento a partir de finales de octubre, llegando a obtenerse una masa seca de unos $22,69 \pm 4,2$ g al final del experimento (Fig. 1B). De igual manera, las masas secas de los tejidos tuvo un crecimiento exponencial, con aceleramiento del crecimiento a partir del mes de octubre, alcanzando los $4,63 \pm 1,2$ g. al final del experimento (Fig. 1C). A partir de los 7 meses el estudio no pudo continuarse debido a la presencia de mortalidad total de los organismos por la época lluviosa.

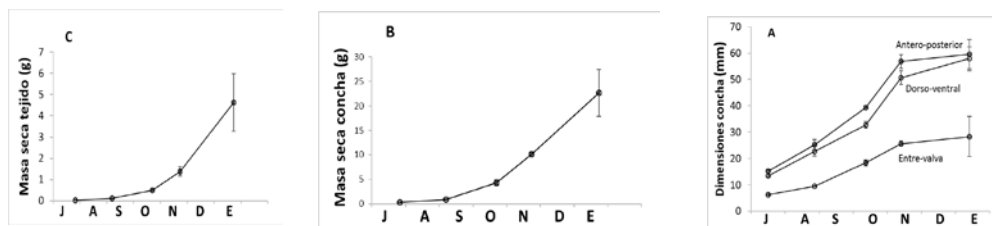


Figura 1. Crecimiento en dimensiones de la concha (A), Masa seca concha (B), Masa seca tejido (C) de la ostra perlífera *Pteria sterna* en condiciones de cultivo suspendido en el estuario del río Chone, Provincia de Manabí, Ecuador.

Los registros de los factores ambientales muestran rangos de temperaturas entre 24–29°C, los valores más altos se obtuvieron entre diciembre y enero (29°C), para finales de enero baja a 25 °C, incrementándose entre enero y febrero a 27–28°C hasta el final del experimento (Fig. 2A). La salinidad se mantuvo con valores entre 20–33 ups durante el experimento disminuyendo drásticamente entre enero y febrero, donde la salinidad bajo a 16 ups, la cual estuvo asociada a la mortalidad total de los organismos en cultivo para mantenerse a 4 ups a finales de febrero (Fig. 2B). La turbidez en el sitio de cultivo presentó valores entre 30–100 cm registrando los valores más altos en agosto a 100 cm, y los valores más bajos se registraron entre enero y febrero 30–40 cm al final del experimento (Fig. 2 C).

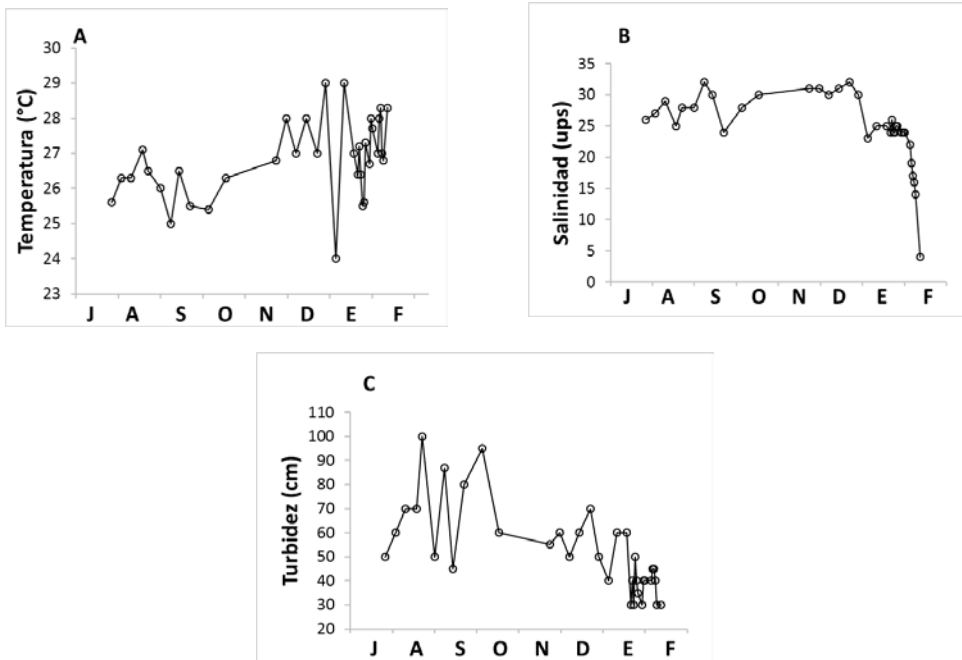


Figura 2. Variabilidad de la temperatura (A), salinidad (B) y turbidez (C) en la zona de cultivo de la ostra perlífera *Pteria sterna* en condiciones de cultivo suspendido en el estuario del río Chone, Provincia de Manabí, Ecuador.

DISCUSIÓN

El crecimiento de la ostra perlífera *Pteria sterna* durante el cultivo fue lineal, lo cual permitió obtener talla antero–posterior comercial (~59 mm) en tan solo siete meses de cultivo, en el estuario del río Chone. Las proyecciones para cultivos de moluscos bivalvos en la costa ecuatoriana marina (Bahía de Ayangue, Provincia de Santa Elena, Ecuador) son que *P. sterna* y

C. gigas alcanzan tallas comerciales a los 10-11 meses (Lodeiros *et al.* 1998), estas especies muestran un crecimiento muy adecuado y por encima de muchos otros reportes en el Pacífico americano (Chávez-Villalba 2014); sin embargo la factibilidad, el rendimiento en la producción de las ostras en el estuario del río Chone es muy superior, mostrando el acortamiento del período de cultivo en que la mitad en el mar; este crecimiento muy probablemente es el registro más rápido de la especie bajo condiciones de cultivo. En cuanto al peso seco de la concha y masa seca de los tejidos tuvo un típico comportamiento exponencial, a partir de finales de noviembre, llegando a obtenerse un peso de masa seca de $22,69 \pm 4,2$ g, y masas secas de los tejidos de $4,63 \pm 1,2$ g.

La interacción de los factores ambientales favorables, como temperatura (24-29°C), salinidad (20-33 ups), turbidez y disponibilidad de alimento, indican que la biomasa fitoplanctónica, estimada por la concentración de clorofila *a* se encuentra $>15 \mu\text{g/L}$ en la zona estuarina, lo cual supera notablemente los valores elevados, registrados en el cultivo en la costa marina ecuatoriana (2-4 $\mu\text{g/L}$; Lodeiros *et al.* 2018). Sin embargo, los eventos de temperaturas elevadas, particularmente en verano, pueden influir negativamente en el crecimiento y la supervivencia, asociándose a estrés y susceptibilidad a enfermedades (Kantzow *et al.* 2016), inclusive en zonas subtropicales (costa norte del Pacífico de México), donde el aumento de temperatura en verano inhibe el crecimiento tanto de concha como de tejidos blandos en *C. gigas* (Chávez-Villalba *et al.* 2010). A diferencia del estuario del río Chone de Bahía Caráquez, el aumento de la temperatura incrementa su metabolismo y por ende aumento de crecimiento.

La salinidad registrada se encuentra dentro de los parámetros óptimos de crecimiento de la especie (FAO 2018). Sin embargo, es importante recalcar que esta condición optima de crecimiento es solo durante el periodo seco en la zona de estudio (abril-enero), dado que, en los meses restantes en la zona, considerada como estuario medio, coexiste una mayor mezcla de agua con mayor aporte de agua dulce por el aumento de caudal de los ríos que desembocan en el estuario, bajando la salinidad a extremos, lo que limitaría el cultivo de la especie solo al periodo seco. La turbidez en el sitio de cultivo no afectó el crecimiento de los organismos a pesar que se presentaron valores bajos en la zona estuarina, esto concuerda con lo reportado por (Araya-Núñez O *et al.*, 1995). Esta especie que puede sobrevivir en aguas muy turbias, soportando temperaturas menores a 18 °C y mayores a 32 °C, y salinidades menores a 34.5 ups y mayores a 37 ups.

Por otra parte, factores negativos como el *fouling* sobre la concha fueron de poca incidencia, lo cual no ameritó el registro, a no ser cierta invasión del mejillón *Mytella charruana* dentro de las cestas. Esta invasión de mejillón, se observó durante el periodo de cultivo, vino acompañado por elevada carga de lodo en las linternas y en los organismos.

CONCLUSIONES

Este estudio muestra la factibilidad de realizar el cultivo de la ostra *Pteria sterna* a una densidad equivalente a la cobertura del 50% de la superficie de la base de la linterna, alcanzando tallas antero-posterior de 59,49 mm a los siete meses de cultivo, en Bahía de Caráquez estuario río Chone, provincia de Manabí Ecuador.

La ostra perlera *Pteria sterna* es un organismo susceptible a cambios de salinidad, salinidades por debajo de 16 ups provocan la mortalidad, por lo que el cultivo de la especie se encuentra limitado al periodo seco en estuario medio del río Chone.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de los estudiantes de la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí (EAP-UTM) y al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de Ecuador (CENAIM-ESPOL) por la colaboración en el aporte de semillas.

REFERENCIAS

- Araya Nunez, O., Ganning, B., y Buckle-Ramirez, F. (1995). Embryonic development, larval culture, and settling of American pearl-oyster (*Pteria sterna*, Gould, 1851) spat. California Fish and Game, 81:10-21.
- Chávez-Villalba J., Arreola-Lizárraga A., Burrola-Sánchez S. y Hoyos-Chairez F. (2010). Growth, condition, and survival of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* cultivated within and outside a subtropical lagoon. *Aquaculture* 300:128-136.
- Chávez-Villalba, J. (2014). Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica*, 24(3), 175-190.
- FAO (2005-2018). Programa de Información de Especies Acuáticas Cultivadas *Crassostrea gigas*. Programa de información sobre especies cultivadas acuáticas. Texto de Helm, MM In: *Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO* [en línea]. Roma. Actualizado el 13 de abril de 2005. [Citado el 17 de septiembre de 2018].
- Kantzow M., Hick P., Becker J.A. y Whittington R. (2016). Effect of water temperature on mortality of Pacific oysters *Crassostrea gigas* associated with microvariant ostreid herpesvirus 1 (OsHV-1 μ Var). *Aquacult. Environ. Interact.* 8:419-428.
- Leon de la Luz J, Cadena R, Medel A. (2012). Florística de la Selva Baja Caducifolia de la Península de Baja California, México. Scielo.

- Lodeiros C., Rodríguez-Pesantes D., Márquez A., Revilla J., Chávez Villalba J., Sonnenholzner S. (2018). Suspended cultivation of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in the eastern tropical pacific. *Aquaculture international* 26(1):337-347.
- Rangel C. (2001). Repoblamiento con la concha nácar *Pteria sterna* (Gould, 1851) de las islas La Gaviota y San Juan Nepomuceno, Baja California Sur. Informe final del Proyecto L096. California Sur: Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Biología Marina.
- Treviño L, Vélez J, Chica S, Reina G, Panta P, Hidrobo M. (2011). Estudio preliminar sobre el cultivo de la ostra perlífera (*Pteria sterna*) en un sistema suspendido flotante en el sitio San Vicente, provincia de Manabí. La técnica.
- Treviño *et al.*, (2007). Crecimiento y sobrevivencia de la Ostra Perlífera (*Pteria sterna*) en Cultivo suspendido flotante en la desembocadura del Estuario del Rio Chone, provincia de Manabí. Tesis. Bahía de Caráquez.: Universidad Técnica de Manabí, Acuicultura.
- Ventilla R. F. (1982). The scallop industry in Japan. *Advances in Marine Biology*. 20:309-382.
- Zar J. H. (2010). Biostatistical analysis, 5th edition. Pentice Hall, Englewoods Cliff, N.J. 944 pp.

Acondicionamiento gonádico e inducción al desove por “shock” térmico de la ostra perlífera *Pteria sterna* (Gould, 1851) en condiciones de laboratorio.

Luis Manuel Treviño Zambrano¹, Beatriz Elena Ángeles Escobar²: Jorge Vélez Falcones: Alan García Bermúdez: César Lodeiros

¹Grupo de investigación, en Biología y cultivo de moluscos; Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinaria. | ²Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Pesquería. Departamento Académico de Acuicultura e Industrias Pesqueras

✉ luismt_82@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de cuatro temperaturas Control: 24°C, (T1) 26°C, (T2) 28°C, (T3) 30°C en el acondicionamiento gonádico (índice morfo-fisiológico) y desove a temperatura descendente (15, 17 y 21°C) de un plantel de reproductores de ostra perlífera *Pteria sterna* seleccionado del ambiente natural en condiciones de laboratorio. Se recolectaron 137 organismos adultos de *Pteria sterna* de la zona costera de Chanduy, Ecuador en el mes de septiembre del 2015, de los cuales 125 organismos fueron utilizados con una talla promedio de $7,9 \pm 0,8$ cm de altura de la concha. La alimentación consistió en una dieta mixta de microalgas de *Isochrysis galbana*, *Chaetoceros gracilis*, y *Tetraselmis sp*, en proporción 1:1:1 a una concentración de 150 a 180 mil cel/ml. De los 125 organismos 53 se usaron para evaluar la calidad gonádica mediante el índice morfo-fisiológico, el estado de madurez gonadal, diámetro de los ovocitos y sexo mediante análisis histológico. Asimismo 72 organismos fueron destinados a inducción al desove. Los resultados indican que el índice gonadosomático (IGS) presentó una relación inversa entre el índice de rendimiento muscular IRM e índice de manto IMA en los diferentes tratamientos de acondicionamiento control 24°C, T1 (26°C), T2 (28°C), T3 (30°C). Los valores más altos de (IGS) coincidieron con valores bajos de (IRM) e índice de manto (IMA) en la segunda semana. En cuanto al estadio de madurez se pudo observar el 25 % de organismos maduros (MAD) en hembras en el (T2 y T3) de macho el 50 % (T3); el diámetro más grande de ovocitos se observó en el tratamiento de 28°C ($38,72 \pm 3,3\mu\text{m}$); en cuanto al desove el tratamiento de 28°C fue el único que respondió al estímulo de shock térmico, a temperatura descendente de 17°C a los 20 minutos de exposición, obteniéndose la liberación de gametos.

Palabras clave: *Pteria sterna*, acondicionamiento gonádico, madurez sexual, shock térmico, inducción al desove.

INTRODUCCIÓN

Los moluscos representan en la acuicultura uno de los grupos más importantes desde el punto de vista productivo y económico, sin embargo algunas especies, como la ostra *Pteria sterna*, han sido sobreexplotadas en algunas regiones, siendo necesario el desarrollo y aplicación de técnicas de cultivo tendientes a su rehabilitación en el medio natural y a su cultivo sostenido (Sevilla, 1969; Monteforte, 1990; Rangel y Chávez, 1994), para lo cual es indispensable el estudio de diversos aspectos de su biología. Entre estos, los estudios de reproducción, los cuales tienen una aplicación directa en actividades de cultivo y en el manejo de poblaciones naturales (Avellanal *et al.*, 2002).

La reproducción de invertebrados marinos es generalmente controlada por la combinación de factores endógenos (neurosecreciones) y factores exógenos (Rose *et al.*, 1990). La suma de dichos factores conlleva a una “coordinación” de los individuos de una población con respecto a su madurez gonadal, de tal forma que los ciclos reproductivos de diferentes especies de bivalvos son únicos para cada población, variando de acuerdo con su localización geográfica (Sastry, 1979).

En general, se asume que la temperatura es el principal modulador de los eventos que ocurren durante el ciclo reproductivo de bivalvos, mientras que la alimentación regula la duración de dichos eventos a partir de la cantidad de energía disponible para la gametogénesis (Berg y Newell, 1986; Luna-González *et al.*, 2000). El patrón de ciclo reproductivo y los cambios que lo acompañan son afectados por la temperatura dependiendo de la historia térmica de las especies y de su distribución regional. Sin embargo, existen estudios que muestran que aumentos en la temperatura del agua dan por resultado necesariamente una mejoría en el desempeño reproductivo de los bivalvos. En el caso de la *Ostrea chilensis*, por ejemplo, temperaturas bajas mostraron ser importantes en estimular tanto la ovogénesis temprana como la espermatogénesis (Jeffs *et al.*, 2002).

MATERIALES Y METODOS

Lugar y periodo experimental

El trabajo de maduración de *Pteria sterna* en condiciones controladas se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de moluscos de Acuicultura, de la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador) con coordenadas Latitud 0°36'32.94"S Longitud 80°25'09.74"O. Tuvo una duración de 7 meses desde septiembre del 2015 a marzo del 2016.

Etapa pre-experimental

Consideró el tratamiento de agua marina, la producción de tres especies de microalgas para la alimentación de los organismos en experimentación y la recolección y aclimatación de *Pteria sterna* al sistema de recirculación.

Etapa experimental

Considera el acondicionamiento de los reproductores, la madurez gonadal y la inducción al desove.

Evaluación de la madurez gonadal de las ostras perlíferas *Pteria sterna*

Para la evaluación de la madurez gonadal se sacrificaron tres organismos por tratamiento cada 7 días de las ostras perlíferas acondicionadas a los diferentes tratamientos. Con la muestra de gónadas en fresco se realizó un frotis, que consistió en tomar una pequeña porción de gónada y colocarla sobre un cubre objeto, se le añadió 2 gotas de agua y se cubrió con un portaobjeto, observando el tipo de gametos (masculino o femenino). Para las mediciones del diámetro de los ovocitos (30 por cada hembra) se obtuvo fotos digitalizadas con una cámara instalada al microscopio óptico Olympus BX53 con contraste de fase con sistema de captura de imagen digital (20x y 40x) las cuales fueron posteriormente analizadas con el programa ImageJ. Cuando los ovocitos presentaron un diámetro promedio de (39 a 40 μm) se realizó la inducción al desove.

Evaluación de los parámetros morfo-fisiológicos

Para evaluar el crecimiento de los organismos a las diferentes temperaturas de acondicionamiento, así como para la determinación del índice morfo-fisiológico, índice de condición general, índice gonadosomático, índice de rendimiento muscular e índice de manto se sacrificaron tres organismos por cada tratamiento.

Para la medición del crecimiento se evaluaron las siguientes medidas morfométricas: longitud total, altura y espesor de los organismos, en milímetros (mm), con un grado de precisión de 0,01 mm utilizando un calibrador de Vernier, el peso total se lo obtuvo en gramos (g) con un grado de precisión de 0,01 utilizando una balanza electrónica marca CASIO®.

Parámetros morfo-fisiológicos

Los organismos recolectados en cada muestreo fueron medidos con vernier (± 0.1 mm) para registrar la altura de la concha y pesados en fresco con todo y concha en una balanza (± 0.1 g). Se realizó marcaje de los organismos individual, para determinar si durante el experimento se presentó un incremento en peso, el resultado obtenido se calculó con la fórmula propuesta por (Cho *et al.*, 1985).

Análisis de calidad gonadal

Para el análisis histológico se sacrificaron cinco organismos aleatoriamente luego de la extracción, y posterior tres organismos cada 7 días de cada tratamiento de acondicionamiento, se tomaron muestras de gónadas, glándula digestiva, musculo aductor y manto para calcular los índices morfo-fisiológico de cada tratamiento posteriormente se tomó el 10% de la muestra de gónada y se observó al microscopio para la medición del diámetro de los ovocitos y análisis histológico. De acuerdo con el análisis histológico realizado a los primeros cinco organismos de *Pteria sterna* los resultados mostraron que estos se encontraban en estadio de desarrollo tanto macho como hembra no se pudo observar organismos en estado de madurez.

Se siguió el método convencional propuesto por (Zuñiga, 1998). Las muestras de gónadas previamente fijadas en formol al 10% fueron deshidratadas en alcoholes de graduación ascendente (70 a 100%), incluidas en xilol y posterior embebidas en Paraplast-TX[®]. Se efectuaron cortes a 8 μ m en micrótomos de rotación (marca Leika modelo 820 con adaptador de cuchilla descartable de alto perfil) teñidas con hematoxilina-eosina, las laminillas se observaron bajo el microscopio óptico Olympus BX53 con contraste de fase con sistema de captura de imagen digital, (20x y 40x) para su análisis posterior y estos a su vez analizados con el programa ImageJ, para la determinación del sexo y los estadios de madurez.

Inducción al desove por “shock” térmico

Después de cuatro semanas de acondicionamiento, los reproductores sexualmente maduros se les realizó una estimulación física en el traslado de 6 organismos por 30 minutos a envases plásticos de 30 litros con agua de mar filtrada a 1 μ m a una salinidad de 30 ups y a una temperatura gradual de 15, 17, 21°C. Pasado este tiempo nuevamente fueron colocadas las ostras a la temperatura de acondicionamiento inicial. Se realizaron tres réplicas de cada uno de los tratamientos de acondicionamiento. El proceso se repitió por 3 veces hasta obtener el desove. La temperatura fue medida de forma continua durante el proceso. Los organismos estuvieron sin alimentación durante el proceso de inducción al desove para evitar la formación de heces y

pseudoheces que puedan contaminar los ovocitos. Finalmente se determinó a que temperatura se logró obtener desove de los diferentes tratamientos.

Análisis Estadístico de datos

Se realizó la prueba Kolmogorov-Smirnov, para detectar la normalidad y homocedasticidad de varianzas y así definir el tipo de pruebas estadísticas a utilizar ya sea paramétricas o no paramétricas. Una vez confirmado anterior, se aplicaron ANOVAS de una vía para detectar diferencias significativas en los indicadores antes mencionados. En el caso de que existieran diferencias significativas se utilizó una prueba *post hoc* de Tukey modificado por Kramer para determinar diferencias específicas en los indicadores entre los diferentes tratamientos. Para el análisis estadístico de la data se utilizaron los programas Minitab16[®], SPSS[®] Statistics 21. El nivel de significancia se fijó en $\alpha = 0.05$ para todos los análisis.

RESULTADOS

Evaluación de la temperatura y la salinidad

Los resultados muestran pequeñas variaciones diarias de temperatura del agua en los diferentes tratamientos durante el periodo de estudio. En el control (24°C), tratamiento T1 (26°C), y tratamiento T3 (30°C) se registraron variaciones de $\pm 0,3$ °C, en tanto el T2 (28°C) presentó una variación de $\pm 0,25$ °C. No se registró variación de salinidad en los diferentes tratamientos, mantuvo un valor constante de 30 ups.

Madurez sexual

Empleando la clasificación del ciclo gonádico propuesto por García Domínguez *et al* (1996) durante el periodo de estudio de acondicionamiento gonádico de la ostra *Pteria sterna* se pudo observar organismos en estado de desarrollo (DES), maduro (MAD) y desove parcial (DSP), no se pudo observar organismos en post-desove (PSD) en ninguno de los tratamientos (Fig. 1). En los ejemplares hembra el control (24°C) y T3 (30°C), se presentaron tres estadios mencionados, siendo que en el control (24°C) los valores fueron de 2 y 17%, y en el segundo de T3 (30°C) fue de 2 y 17%. En los tratamientos T1 (26°C) y T2 (28°C) sólo fue posible observar el estadio maduro.

En los ejemplares macho, de forma similar a las hembras, se presentaron los tres estadios de madurez: desarrollo, maduro y desove parcial. A la temperatura del T1 (26°C) y T2 (28°C), se

presentaron valores altos de estadio maduro. En el T1 (26°C) los valores fueron de 6 y 50%, y en T2 (28°C) de 5 y 42 %, respectivamente. En el control (24°C) y T3 (30°C) fue posible observar bajo número de organismos en estadio maduro (Fig. 2)

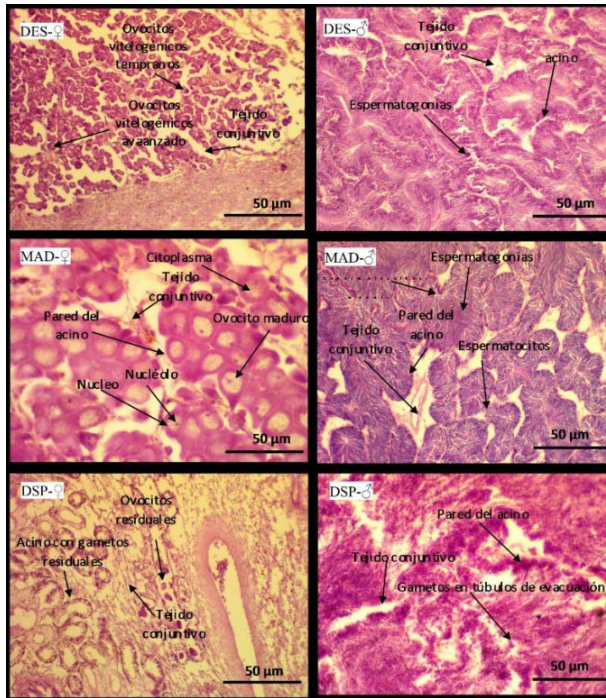


Figura 1. Microfotografía de gónada (40X) de *P. sterna* teñida con hematoxilina-eosina donde se muestran diferentes estadios de madurez: DES= Desarrollo, MAD= Maduro, DSP= Desove Parcial.

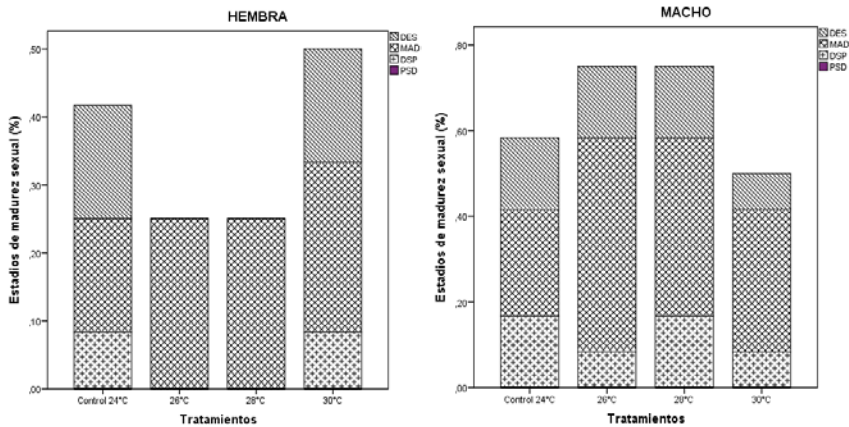


Figura 2. Porcentaje acumulativo de estadios de madurez sexual de hembras y macho de los diferentes tratamientos de acondicionamiento de *P. sterna*: DES= Desarrollo, MAD= Maduro, DSP= Desove Parcial, PSD= Post-desove.

Diámetro de ovocitos

El diámetro promedio de ovocitos durante el periodo de estudio se presentó valores entre $28,47 \pm 3,5$ y $38,72 \pm 3,3$ μm con diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). Los menores valores para el control (24°C) se observaron en la tercera semana $28,47 \pm 3,5$ μm , en tanto los mayores estuvieron en la segunda semana $33,04 \pm 3,7$ μm . En el T1 (26°C) se observó una disminución del diámetro promedio desde la primera semana alcanzando el menor valor la cuarta semana con $29,76 \pm 3,8$ μm . El T2 (28°C) presentó los valores más altos durante todo el periodo de acondicionamiento gonádico alcanzando un valor máximo en la segunda semana $38,72 \pm 3,3$ μm , y disminuyendo en las semanas posteriores. El T3 (30°C) tuvo un incremento de diámetro promedio entre la primera y la tercera semana con una pequeña disminución en la cuarta semana, sin embargo, sus valores se mantuvieron entre las $31,0 \pm 3,8$ y $33,95 \pm 4,0$ μm .

Desove, desarrollo embrionario y larval

De los 4 tratamientos donde los organismos de *P. sterna* produjeron desoves, tanto machos como hembras, solo se pudo observar respuesta positiva en dos de tres réplicas en el T2 (28°C). Este tratamiento fue el único que respondió al estímulo de shock térmico, de temperatura descendente a 17°C a los 20 minutos de exposición, obteniéndose la liberación de gametos. El tamaño promedio de los óvulos fue $43,08 \pm 0,69$ μm . La fertilización ocurrió aproximadamente 25 minutos luego del contacto entre los gametos, donde se pudo apreciar la formación del primer cuerpo polar a 28°C . La formación de larvas trocóforas activas ocurrió entre 10-12 h. Luego de transcurrido 23 a 24 horas se observaron las primeras larvas D, con una altura y longitud de la valva de $37,69 \pm 1,52$ μm y $47,31 \pm 0,82$ μm a 28°C . En cuanto al promedio de larvas obtenidas el valor más alto se observó en el T2 réplica dos con $556,000 \pm 11,52$ y el valor más bajo en la réplica uno del T2, $500,000 \pm 10,95$ larvas por 1000 ml. Las larvas fueron colocadas en tanque de 500 litros a 24°C con agua de mar tratada, filtrada con filtro de hilo de algodón a 5 μm , clorinada e irradiada con lámpara UV.

El análisis de varianza del índice gonadosomático (IGS), en *P. sterna* mostró que hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos control: 24°C , (T1) 26°C , (T2) 28°C ($P < 0.05$) en los días de acondicionamiento. El T3 (30°C) no presentó diferencias significativas ($P > 0.05$) (Fig. 3). El T1 (26°C) presentó valores bajos a partir de la primera y segunda semana $9,84 \pm 1,9$ – $9,69 \pm 0,3$ incrementando su valor la cuarta semana $14,51 \pm 1,1$ siendo de menores valores entre todos los demás tratamientos. El control (24°C) y el T2 (28°C) presentaron valores

altos a partir de la segunda semana $14,28 \pm 1,6$ y $17,26 \pm 0,9$ respectivamente, disminuyendo a partir de la cuarta semana $11,54 \pm 1,3$ y $13,54 \pm 0,2$. solo estos tratamientos presentaron disminución del IGS entre todos los tratamientos. El T3 (30°C) presentó valores constantes de incremento $12,65 \pm 1,5 - 14,67 \pm 1,7 - 13,93 \pm 2,5$ y $15,37 \pm 2,2$ durante el acondicionamiento gonádico. El IGS presentó una relación inversa entre IRM IMA en los diferentes tratamientos control 24°C , T1(26°C), T2(28°C), T3(30°C), en la segunda semana durante el acondicionamiento de los reproductores.

El análisis de varianza de incremento en peso (g) durante el acondicionamiento a la maduración sexual mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos (control (24°C); 26 , 28 , 30°C) ($P < 0.05$) (Fig. 3). El control (24°C) presentó valores casi constantes de incremento ($0,91-0,94 \pm 0,2$ g) en las tres primeras semanas, disminuyendo en la cuarta semana ($0,88$ g), siendo el de menor incremento entre todos los tratamientos. El T1 (26°C) y el T3 (30°C), presentaron tendencias y valores similares con incremento entre $1,06 \pm 0,3$ a $1,14 \pm 0,3$ g y $0,99 \pm 0,1$ a $1,14 \pm 0,1$, respectivamente. El T2 (28°C) presentó valores de incremento de $1,23 \pm 0,3$ y $1,31 \pm 0,2$ g con diferencias significativas con los otros tratamientos.

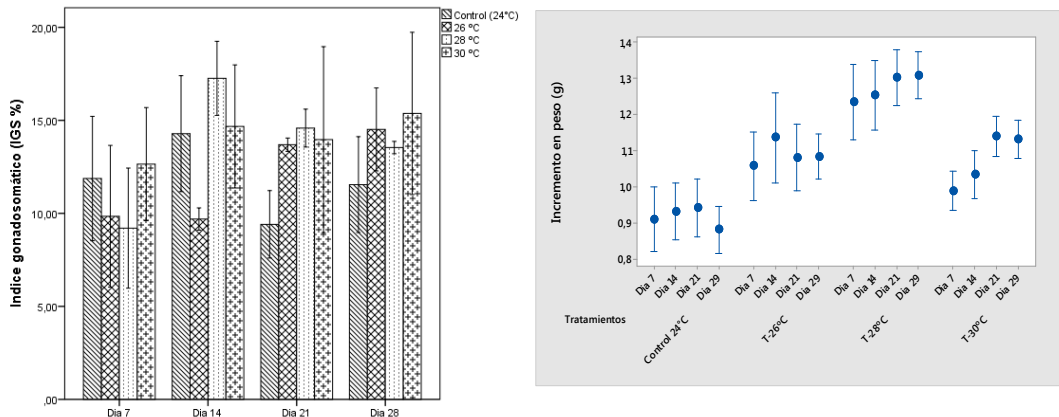


Figura 3. Promedios porcentuales de los índices gonadosomático (IGS) ($\pm 2\text{ES}$) de *P. sterna* e incremento en peso promedio (g) entre los diferentes tratamientos durante la maduración sexual de 29 días en condiciones de laboratorio.

DISCUSIÓN

En este estudio el sistema de acondicionamiento de reproductores resulto aceptable para el fin propuesto, los grupos experimentales se mantuvieron a una temperatura constante de 24 , 26 , 28 , 30°C para todos los tratamientos de acondicionamiento, estas temperaturas constantes parecen haber favorecido el desarrollo gonádico de los reproductores de ostras *Pteria sterna*, por lo que se considera que 30 días es un periodo razonable para detectar cambios mínimos en el

desarrollo y composición de la gónada y otros tejidos. Esto concuerda con los tiempos sugeridos para otros bivalvos madurados en cautiverio, como *A. purpuratus* (Avendaño y Le Pennec 1996, 1997), *A. ventricosus* (Luna-González, 1997), y *C. gigas* (Baltazar *et al.*, 1999), en donde ha sido posible obtener organismos con gónadas en estadios de madurez en periodos de tiempo relativamente cortos. Este trabajo se enfocó principalmente en comparar el efecto de diferentes temperaturas en el acondicionamiento gonádico, relacionado a la madurez sexual y diámetro de ovocitos.

Durante el periodo de acondicionamiento, a la maduración sexual de la ostra *P. sterna*, a diferentes temperaturas control 24°C, T1 26°C, T2 28°C, T3 30°C los datos obtenidos del análisis histológico mostraron organismos en desarrollo DES, maduro MAD, y desove parcial DSP, en los diferentes tratamientos, sin embargo, no se pudo observar organismos en post-desove en ninguno de los tratamientos. Asimismo trabajos realizados por varios autores indican que el desarrollo de la gónada y la movilización de reservas de los tejidos somáticos a la gónada, pudiera ser atribuible a la temperatura del agua, que es uno de los factores más relevantes en el proceso de maduración sexual y juega un papel clave en la regulación de numerosos procesos fisiológicos involucrados en la reproducción de los moluscos de las familias Bivalvia (Bayne, 1977), Mytilidae (Seed, 1976), Ostreidae (Andrews, 1979), Veneridae (Mackie, 1984), Pectinidae (Román *et al.*, 2002; Barber y Blake, 2006), y Pteriidae (Saucedo y Southgate, 2008).

Con respecto al diámetro de los ovocitos, se detectaron diferentes tamaños de ovocitos en los diferentes tratamientos las primeras dos semanas, con una tendencia a estandarizarse hacia el final del experimento, en los diferentes tratamientos de control 24°C, T1 26°C, T2 28°C y T3 30°C; no obstante, el T2 (28°C) registró la talla más grande de ovocitos $38,72 \pm 3,31 \mu\text{m}$ seguido del T3 (30 °C) $33,95 \pm 3,98 \mu\text{m}$. El diámetro de los ovocitos mantuvo una relación directa con los datos obtenidos del estadio de madurez donde se observó un mayor número de organismos es estado maduro, tanto en machos como en hembras. Esto sugiere que temperaturas constantes seguidas de un régimen de alimentación adecuado favorecen la madurez sexual y por ende incrementa el diámetro de los ovocitos. Durante el periodo de estudio las medidas encontradas en los diferentes tratamientos están sobre la talla máxima reportada por Vite-García y Saucedo (2008) para la especie *P. sterna* (31 μm).

Durante el periodo de estudio de inducción al desove los organismos acondicionados a diferentes temperaturas fueron sometidos a tres estímulos térmicos de temperatura descendente (15, 17, 21°C). Dicha inducción fue realizada a partir del día 29 cuando los organismos mostraban madurez suficiente para inducir al desove, basados en el análisis histológico. En el presente trabajo se pudo obtener desove a temperatura de acondicionamiento de 28°C y temperatura descendente de 17 °C donde se mantuvo durante 20 minutos hasta que ocurrió la emisión de gametos. Así mismo Este trabajo tuvo una relación similar con estudios realizado por

varios autores respecto a la influencia de la temperatura en el desove en experimentos de laboratorio, donde se observó que los estímulos térmicos son un disparador del desove en ostras perleras maduras (*P. sterna* y *P. mazatlanica*) (Rangel- Davalos *et al.*, 2000, Hernández-Olalde, 2001), menciona que la *P. sterna* mantenidas a una temperatura de 28°C y posterior se realizó un descenso de la temperatura a 22,8 °C donde inicia el desove, el periodo de desove está directamente relacionado con el descenso de la temperatura del agua.

En el presente trabajo de determinación de índices morfo-fisiológicos en *P. sterna* el índice gonadosomático (IGS) presentó una relación inversa entre el índice de rendimiento muscular (IRM) e índice de manto (IMA) en los diferentes tratamientos control (24°C), T1 (26°C), T2 (28°C), T3 (30°C), en la segunda semana durante el acondicionamiento de los reproductores. Los valores más altos de IGS coincidieron con valores bajos de IRM e índice de manto IMA en la segunda semana. Es importante aclarar que el IGS empleado en este estudio es solo un indicador parcial de la calidad de la gónada, debido a que a diferencia de los moluscos pectínidos donde la gónada está presente como órgano discreto, en *P. sterna* ésta se desarrolla difusamente como parte de la masa visceral a medida que el animal va madurando. Similar a lo descrito por diversos autores que mencionan que la determinación de índices morfo-fisiológicos está comúnmente relacionada con el ciclo de almacenamiento y uso de reservas energéticas destinadas al uso de la gametogénesis en moluscos bivalvos siendo que exhiben un patrón inverso en algunas especies de moluscos entre el índice gonadosomático (IGS) y el índice de rendimiento muscular (IRM), e índice de manto (IMA) en cuanto al almacenamiento y movilización de energía. Esto es consistente con lo reportado para ciertas especies de importancia comercial, como *Argopecten circularis* (Villalejo-Fuerte y Ceballos-Vázquez, 1996), *Nodipecten subnodosus* (Arellano-Martínez *et al.*, 2004), *Ruditapes decussatus* (Ojea *et al.*, 2004), *C. gigas* (Dridi *et al.*, 2007), *Modiolus barbatus* (Mladineo *et al.*, 2007) y *Fluvia mutica* (Liu *et al.*, 2008), entre otros. También se ha reportado que algunas especies (*Placopecten magellanicus*, *A. irradians*, *P. maximus*, entre otros) que exhiben un patrón inverso entre el índice gonadosomático (IGS) y el índice de rendimiento muscular (IRM), atribuido al almacenamiento y movilización de reservas energéticas entre el músculo aductor y gónada durante la gametogénesis (Robinson *et al.*, 1981, Barber y Blake, 2006).

CONCLUSIONES

Bajo condiciones experimentales los mejores indicadores de calidad gonádica durante el acondicionamiento se observaron en las ostras perlíferas del tratamiento de T2 (28°C) $17,26 \pm 0,9$ y T3 (30°C) $15,37 \pm 2,2$ presentando valores altos de estadios de madurez.

Bajo las condiciones experimentales, de inducción al desove de la ostra perlífera *P. sterna* la temperatura de acondicionamiento de 28°C y de “shock” térmico de 17°C fue adecuada para inducir la liberación de gametos.

AGRADECIMIENTO

Se agradece la colaboración A PRONABEC organismo peruano de becas de intercambio cultural. A la Universidad Nacional Agraria La Molina, Escuela de Postgrado y Maestría en Acuicultura, Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí (EAP-UTM), Al Programa de Ayudas Económicas SENESCYT por su apoyo económico para el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- ANDREWS, J.D. (1979). Pelecypoda: Ostreidae. *En*: Giese, C., Pearse, J.S. (Eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates*. Academic Press, New York, pp. 293-341.
- ARELLANO-MARTÍNEZ, M., I.S. RACOTTA, B.P. CEBALLOS-VÁZQUEZ, J.F. ELORDUY-GARAY. (2004). Biochemical composition, reproductive activity and food availability of the lion's paw *Nodipecten subnodosus* in the Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, Mexico. *J Shellfish Res.* 23:15–23.
- AVENDAÑO, M. & M. LE PENNEC. (1996). Contribución al conocimiento de la biología reproductiva de *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819) en Chile. *Estud. Oceanol.* 15:1-10.
- AVENDAÑO, M. & M. LE PENNEC. (1997). Intraspecific variation in gametogenesis in two populations of the Chilean molluscan bivalve, *Argopecten purpuratus* (Lamarck). *Aquaculture Research*, 28:175- 182.
- AVELLANAL, M.; E. JARAMILLO; E. CLASING; P. QUIJÓN y H. CONTRERAS. (2002). Reproductive Cycle of the Bivalves *Ensis macha* (Molina, 1782) (Solenidade), *Tagelus dombeyi* (Lamarck, 1818) (Solecurtidae), and *Mulinia edulis* (King, 1831) (Mactridae) in Southern Chile. *The Veliger.* 45 (1):33-44.
- BALTAZAR P., D. BERMUDEZ, W. Rivera. (1999). Cultivo de la ostra *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) en un vivero artesanal, la arena, Casma. *Revista Peruana de biología.*

(6) 2: pp.4.

- BARBER, B.J., N.J. BLAKE. (2006). Reproductive physiology. *En*: Shumway, S.E., Parsons, G.J. (eds.) *Scallops: biology, ecology, and aquaculture*. Elsevier. Second edition. The Netherlands. 357–416p.
- BAYNE, B. L., AND C. SCULLARD. (1977). An apparent specific dynamic action in *Mytilus edulis*. pp. 371-378.
- BERG, J.A., R.I.E. NEWELL. (1986). Temporal and spatial variations in the composition of seston available to the suspension feeder *Crassostrea virginica*. *Est. Coast. Shelf Sci.* 23:375–386.
- CHO CY, COWEY CB. & T WATANABE. (1985). Methodological approaches to research and development. LD.R.C. 154 pp.
- DRIDI, S., M.S. ROMDHANE, M. ELCAFSI. (2007). Seasonal variation in weight and biochemical composition of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas* in relation to the gametogenic cycle and environmental conditions of the Bizert lagoon, Tunisia. *Aquaculture* 263:238–248.
- HERNÁNDEZ-OLALDE, L. (2001). Inducción a la madurez gonádica de la madre perla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Mollusca: Pteriidae) mediante control de temperatura y alimentación. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 59 pp.
- JEFFS, A. G., DUNPHY, B. J. y WELLS, M. G. (2002). Experimental effects of water temperature on the gametogenic development of broodstock in the oyster, *Ostrea chilensis*. *J Shellfish Res.*, (21):743–747.
- LIU, W.G., Q. LI, Y.D. YUAN, S.H. ZHANG. (2008). Seasonal variations in reproductive activity and biochemical composition of the Cockle *Fluvia mutica* (Reeve) from the Eastern Coast of China. *J Shellfish Res* 27:405–411.
- LUNA-GONZÁLEZ, A. (1997). Ciclo reproductivo de la almeja Catarina *Argopecten ventricosus* (Sowerby II, 1842), cultivada en la rada del Puerto de Pichiligue, B.C.S., y su relación con el medio. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.
- LUNA-GONZÁLEZ, A.; C. CÁCERES-MARTÍNEZ; C. ZÚÑIGA-PACHECO; M.

- ARELLANO-MARTÍNEZ Y A. CAMPA-CÓRDOVA. (2000). Análisis Bioquímico del Seston Disponible para los Moluscos Bivalvos en la Rada del Puerto Pichilingue, B. C. S., México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 35 (1):49-56.
- MACKIE, G.L. (1984). Bivalves. In: Wilburg, K.M. (Ed.), *The Mollusca Reproduction*. Academic Press, New York, (7) Pp. 351-417.
- MLADINEO, I., M. PEHARDA, S. ORHANOVIĆ, J. BOLOTIN, M. PAVELA-VRANČIĆ, B. TREURSIĆ. (2007). The reproductive cycle, condition index and biochemical composition of the horse-bearded mussel *Modiolus barbatus*. *Helgol Mar. Res.* 61:183–192.
- MONTEFORTE, M. (1990). Ostras perleras y perlicultura: situación actual en los principales países productores y perspectivas para México. *Ser. Cient., UABCS*. 1 (No. Esp. AMAC 1): 13-18.
- OJEA, J., A.J. PAZOS, D. MARTÍNEZ, S. NOVOA, J.L. SÁNCHEZ, M. ABAD. (2004). Seasonal variation in weight and biochemical composition of the tissues of *Ruditapes decussatus* in relation to the gametogenic cycle. *Aquaculture* 238:451–468.
- RANGEL-DAVALOS. & CHÁVEZ-VILLALBA. (1994). Desarrollo científico y tecnológico de la madreperla y la concha nácar. Secretaría de pesca, Gobierno del estado de California sur, México. 104 pp.
- RANGEL- DÁVALOS, C; E. ACOSTA- SALMÓN Y E. MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ. (2000). Propuesta preliminar para la recuperación de las poblaciones de concha nácar (*Pteria sterna* Gould, 1851) en la Bahía de la Paz, Baja California Sur, México. *En: Aburto-Oropeza O. y C. Sánchez-Ortiz (eds). Recursos Arrecifales del Golfo de California. Estrategias de Manejo para las Especies Marinas de Ornato.* (pp. 95-106). Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- ROSE, R.; R. DYBDALH y S. HARDERS. (1990). Reproductive Cycle of the Western Australian silver lip Pearl Oyster *Pinctada maxima* (Jameson) (Mollusca: Pteridae). *Journal of Shellfish Research*. 9(2):261-272.
- ROBINSON, W.E., W.E. WEHLING, M.P. MORSE, G.C. MCLEOD. (1981). Seasonal changes in soft-body component indices and energy reserves in the Atlantic deep-sea scallop, *Placopecten magellanicus*. *Fish. Bull.* 79:449–458.

- ROMÁN, G., G. MARTÍNEZ, O. GARCÍA, L. FREITES. (2002). Reproduction. En: Maeda-Martínez, A.N. (Ed.), los Moluscos Pectínidos de Iberoamérica: Ciencia y Acuicultura. Editorial Limusa, México. pp. 27-60.
- SAUCEDO, P.E., P.C. SOUTHGATE. (2008). Reproduction, Development, and growth. En Southgate P.C., J.S. Lucas (Eds.). The Pearl Oyster: Biology and Culture. Cap. 5. Elsevier Science Publishers, Australia. Primera edición. pp. 131-186.
- SASTRY, A. N. (1979). Pelecypoda (Excluding Ostreidae). En: Giese, A. C., Pearse, J.S., eds. *Reproduction of Marine Invertebrates*, vol. V, pags. 113–192. New York, Academic Press.
- SEED, R. (1976). Ecology. In: Bayne, B.L. (Ed.), *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, Cambridge. pp. 13-65.
- SEVILLA, M. L. (1969). Contribución al conocimiento de la madreperla *Pinctada mazatlanica* (Hanley 1856). *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 30:223-262.
- VILLALEJO-FUERTE, M; P. CEBALLOS-VÁZQUEZ Y F. GARCÍA-DOMÍNGUEZ (1996). Reproductive Cycle of *Laevicardium elatum* (Sowerby 1833) (Bivalvia: Cardiidae) in Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *J. Shellfish Res.* 15:741-745.
- VITE-GARCÍA, M.N., SAUCEDO P.E. (2008). Energy storage and allocation during reproduction of Pacific winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) at Bahía de La Paz, Baja California Sur, Mexico. *J. Shellfish Res.* 27:375-383.
- ZÚÑIGA, C. (1998). Descripción Anatómica e Histológica de la Madre perla *Pinctada mazatlanica* (Hanley, 1856) (Mollusca: Pteriidae). Tesis Licenciatura. U. A. B. C. S. 78 pp.

Parámetros hematológicos del chame *Dormitator latifrons*

Byron Manuel Reyes-Mero, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana

Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental. Escuela en Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí. Ciudadela Universitaria, Leónidas Plaza, Bahía de Caráquez, Ecuador. Teléfono 00593-5-2399300 ext. 1003.

✉ breyes3218m@gmail.com

RESUMEN

Los parámetros hematológicos constituyen una importante herramienta de diagnóstico que refleja los cambios fisiológicos del estado de salud de los peces. *Dormitator latifrons* es una especie importante para la economía manabita, cultivándose desde el siglo pasado en sistemas extensivos. En la actualidad existe interés por desarrollar su acuicultura de manera intensiva, por lo que es necesario desarrollar herramientas que faciliten el diagnóstico del estado de salud de los organismos. Por lo tanto, esta investigación tiene como objetivo determinar los parámetros hematológicos en chames colectados en tres ambientes. Los peces (n=225) fueron colectados en tres sitios, dos en ambiente natural (Larrea y La Segua) y uno en ambiente de producción. Los peces fueron llevados al Centro de Sanidad Acuícola de la Universidad Técnica de Manabí, donde se les registro la longitud total (cm) y el peso (g). La sangre se colectó con una jeringa de insulina heparinizada mediante punción caudal, se prepararon los extendidos y se tiñeron con la técnica Wright-Giemsa. Las variaciones en los parámetros hematológicos; hematocrito (Ht), concentración de hemoglobina (Hb), conteo de eritrocitos (RBC) y de leucocitos (WBC), fueron comparados entre sitios de muestreos. La longitud total de los peces varió de 16.7 a 29.7 cm (22.3 ± 4.14) y el peso de 55 a 480 g (177 ± 117.15). El conteo total de eritrocitos varió de 310.000 a 5380.000 células/uL ($2900.000 \pm 0,79$); leucocitos 750 a 62050 células/uL (9550 ± 8.90); neutrófilos 1 a 95 % (39 ± 24.07); linfocitos 2 a 98 % (51 ± 27.14); hematocrito 18 a 69 % (43 ± 9.73); concentración de hemoglobina 4.40 a 17.60 g/dL (9.88 ± 2.78). La mayoría de los parámetros hematológicos presentaron los valores más altos en La Segua, es decir, peces más grandes presentaron valores más altos. El porcentaje de neutrófilos fue mayor en La Segua que en los otros sitios muestreados, a diferencia de los linfocitos, los cuales presentaron los valores más bajos. Este resultado podría estar relacionado con la presencia de parásitos, considerando que la función de los neutrófilos es actuar directamente con agentes extraños realizando un proceso de fagocitosis, mientras que en linfocitos actúan ante agentes virales.

Palabras Clave: Cambios fisiológicos, hematología, chame, *Dormitator*

INTRODUCCIÓN

El chame es una especie que se ha cultivado en sistemas extensivos en la costa ecuatoriana (Vicuña, 2010). En los últimos años algunos productores han comenzado a cultivar la especie en sistemas intensivos con altas densidades, en piscinas de geomembranas, aireación y alimentación (obs. pers). El incremento en los volúmenes de producción acuícola puede originar cambios fisiológicos en los organismos cultivados, producidos por estrés, edad, reproducción y hábitats (Reddy y Leatherland, 1998). En este sentido, los productores requieren del uso de nuevas metodologías no letales y de bajos costos que permitan monitorear la salud de los organismos en cultivo (Fazio, 2019). Los perfiles sanguíneos son una importante herramienta diagnóstica que cuenta con protocolos de laboratorio y rangos de referencias bien establecidos tanto en humanos como en medicina veterinaria (Hrubec *et al.*, 2000). Por lo tanto, el conocimiento e investigación de los parámetros hematológicos puede facilitar el desarrollo de indicadores del estado de salud en los sistemas de producción de chame. La presente investigación tiene como objetivo determinar los parámetros sanguíneos (conteo total de eritrocitos, leucocitos, neutrófilos, linfocitos, hematocrito y concentración de hemoglobina) de *Dormitator latifrons* colectados en ambientes naturales y de cultivo.

METODOLOGÍA

Los organismos fueron colectados en tres sitios; Larrea ($0^{\circ}42'4,15''S - 80^{\circ}13'40,35''O$), el Humedal La Segua ($0^{\circ}42'33,00''S - 80^{\circ}11'54,43''O$) y en un sistema de producción acuícola ubicado cerca al Humedal ($0^{\circ}42'15,40''S - 80^{\circ}11'59,68''O$) (Fig. 1). El sistema de producción consiste en estanques de tierra de 0.6 ha aproximadamente, sin control de parámetros físico-químicos, ni alimentación. Los muestreos se realizaron de marzo a septiembre del 2018.

A cada organismo colectado se le registró el peso (g) y la longitud total (cm). Se realizó la extracción sanguínea mediante punción caudal con una jeringa heparinizada y se realizaron los extendidos sanguíneos para el conteo diferencial de leucocitos (neutrófilos y linfocitos). Adicionalmente se realizó hematocrito por centrifugación a 4.000 rpm durante 10 minutos con una centrifuga marca ZENITHLAB HC-12C. El contenido de hemoglobina se realizó con un hemoglobínómetro de marca Mission® Hb y se hicieron conteos totales de eritrocitos y leucocitos con una cámara de Neubauer de 0.0025 mm^2 . Con el fin de determinar si existe diferencias significativas entre las variables hematológicas con la longitud total y el sitio de muestreo se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) o una prueba de Kruskal-Wallis, una vez analizada la normalidad de los datos.

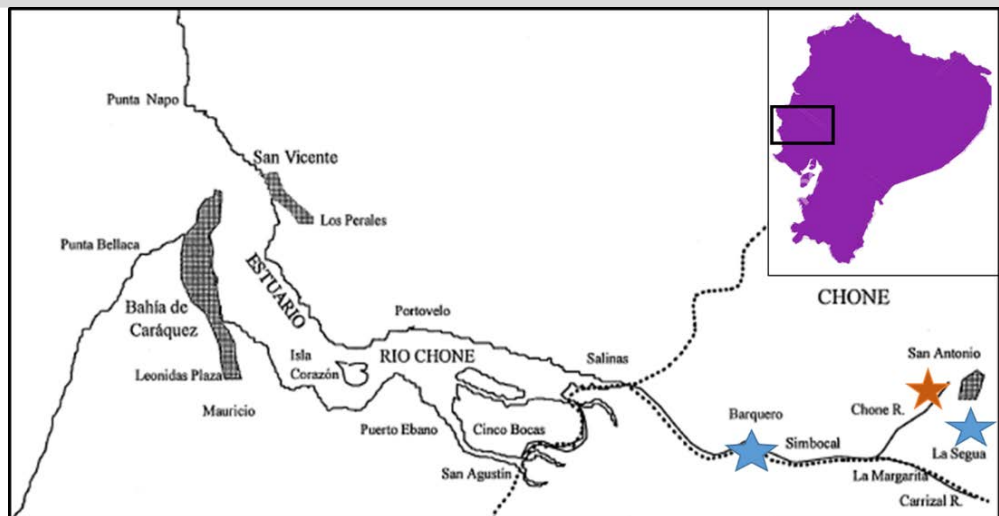


Figura 1. Área de estudio: Sistema Carrizal-río Chone, Manabí, Ecuador. Estrellas en azul indican sitios de muestreo en sistemas naturales; estrella en naranja indica sistema de producción de chame.

RESULTADOS

Se revisaron un total de 225 organismos, 70 en el Humedal La Segua, 80 en Larrea y 75 en sistema de cultivo. La longitud total de los peces varío de 20.52 ± 5.58 cm y el peso de 157.97 ± 146.12 g (Tabla 1). Tanto la longitud total como el peso mostraron diferencias significativas entre sitios de muestreo ($H_{(2, 225)} = 176.41$; $p < 0.05$; ($H_{(2, 225)} = 176.36$; $p < 0.05$), en donde los organismos más grandes se encontraron en La Segua y los más pequeños en Larrea (Tabla 1).

Tabla 1. Valores promedios de peso (W-g) y longitud total (LT-cm) de los individuos colectados de *Dormitator latifrons* en tres sitios de muestreo. n: tamaño de muestra.

Sitios de muestreo	W	LT
Larrea (n = 80)	53.41 ± 17.17	15.73 ± 1.53
La Segua (n = 70)	347.93 ± 118.81	27.82 ± 3.22
Producción (n = 75)	92.20 ± 28.57	18.81 ± 2.00

Los eritrocitos se observaron de forma nucleada y alargada con un citoplasma de color claro o incoloro y un núcleo azul pálido. Los glóbulos blancos se diferenciaron en neutrófilos, linfocitos, monocitos y basófilos. Los neutrófilos se caracterizaron por ser células grandes con un citoplasma de color claro o incoloro y un núcleo bilobulado o excéntrico (Figura 2A). Los monocitos son células grandes con un citoplasma de color azul pálido homogéneo y un núcleo en forma de riñón (Fig. 2B). Los linfocitos se caracterizaron por ser células pequeñas con un

citoplasma escaso y un núcleo de color azul opaco (Fig. 2C). Los basófilos fueron escasos, caracterizados por presentar núcleos excéntricos con abundantes pigmentaciones basofílicas que comúnmente oscurecen el citoplasma (Fig. 2D). Los trombocitos se observaron como células alargadas con un citoplasma escaso de color claro o incoloro y un citoplasma de color azul pálido.

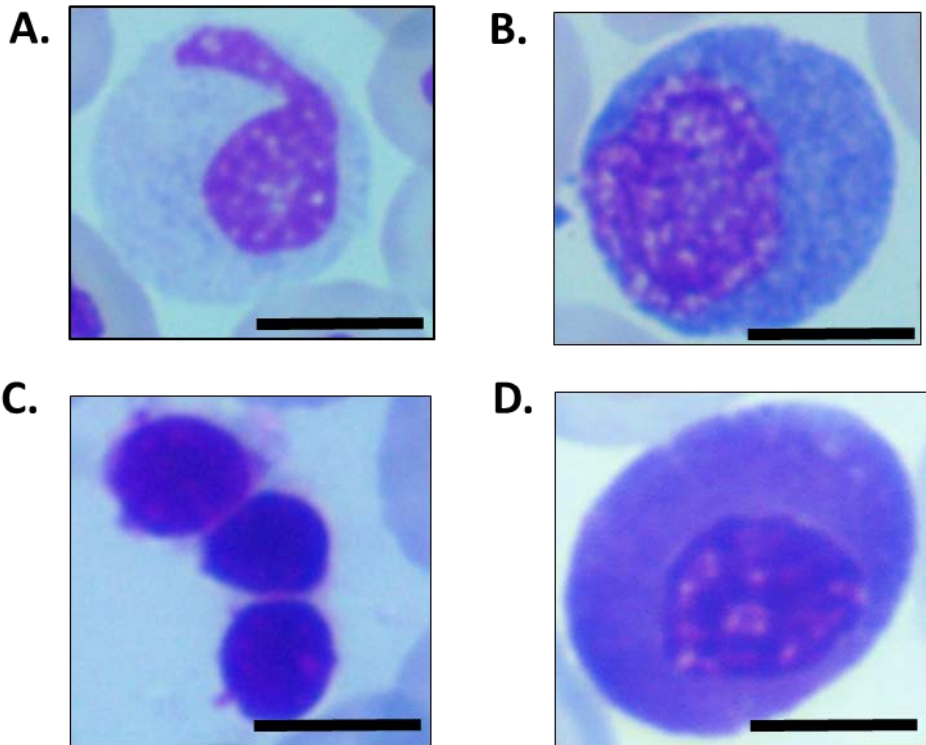


Figura 2. Células sanguíneas del *Dormitator latifrons* colectados en el sistema Carrizal – río Chone. A. Neutrófilo; B. Monocito (Mo); C. Linfocitos; D. Basófilo. W-G, escala = 20 μ m.

El hematocrito ($F_{(2,222)} = 31.76$; $p < 0.05$), la hemoglobina ($F_{(2,181)} = 18.95$; $p < 0.05$) y el conteo total de eritrocitos ($F_{(2,206)} = 3.92$; $p < 0.05$) mostraron diferencias significativas entre sitios de muestreo (Fig. 3). Los organismos colectados en el Humedal La Segua presentaron los mayores valores hematológicos, mientras que los colectados en Larrea mostraron los valores más bajos.

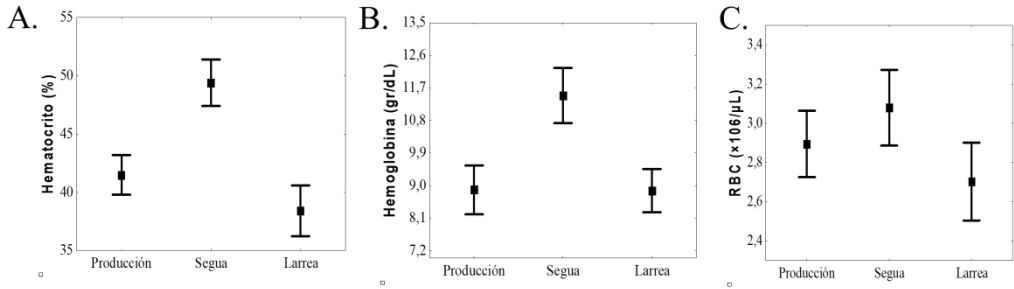


Figura 3. Variación de los parámetros hematológicos del chame *Dormitator latifrons*. A. Hematocrito; B. Hemoglobina; C. Recuento total de eritrocitos (RBC). Cuadrado: promedio; barra: representa el error estándar.

El conteo total de leucocitos ($H_{2,224} = 49,31$; $p < 0,05$), porcentaje de neutrófilos ($F_{2,222} = 14,07$; $p < 0,05$) y porcentaje de linfocitos ($H_{2,225} = 31,13$; $p < 0,05$) mostraron diferencias significativas entre sitios muestreados (Fig. 4). El conteo total de leucocitos mostró los valores más altos en ambiente natural que en ambiente de producción. En cuanto a los neutrófilos mostró los valores más altos en La Segua, sin embargo, el porcentaje de linfocitos fue más alto en Larrea y en ambiente de producción.

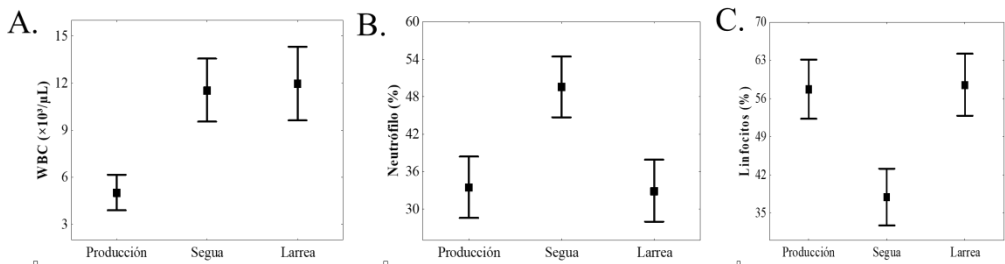


Figura 4. Variación de los parámetros hematológicos del chame *Dormitator latifrons*. A. Conteo total de leucocitos (WBC); B. Porcentaje de neutrófilos; C. Porcentaje de linfocitos. Cuadrados: representan promedio, barra: representa el error estándar.

DISCUSIÓN

Los parámetros hematológicos variaron en función del sitio de muestreo y entre ambiente natural y de producción. Los valores más altos de los parámetros hematológicos fueron encontrados en los organismos de La Segua mientras que los más bajos en Larrea. Grizzle y Rogers (1985), Campbell (2004) y Campbell y Ellis (2007) mencionan que la morfología y el número de las células sanguíneas varía por múltiples causas como por ejemplo la especie, edad, sexo, condiciones fisiológicas de los organismos, nutrición, calidad de agua, temporadas climáticas, entre otros. Las diferencias de los parámetros hematológicos del chame encontradas

en nuestro estudio coincidió con las diferencias detectadas en la talla y el peso de los organismos colectados en los tres sitios de muestreo. Chang y Navas (1984) mencionan que el chame es una especie anfídroma, donde los adultos habitan ambientes de agua dulce como La Segua y los juveniles en ambientes salobre como Larrea.

El conteo total de leucocitos presentó los valores más altos en ambiente natural que en el de producción, probablemente en ambiente natural los organismos se encuentran susceptibles a sufrir por agentes patógenos y estresores existiendo una respuesta inmunológica en dichos organismos. Reddy y Lettherland (1998) mencionan que los peces pueden sufrir por agentes estresores tanto ambientales como físicos y biológicos. Dentro de los agentes ambientales se encuentran las variaciones en los parámetros del agua (oxígeno, amonio, salinidad, dureza, etc.) y contaminantes; en los físicos la captura por pesca, manipulación y transporte; y en los biológicos los patógenos o depredadores (Iwama, 2002, Cnaani *et al.*, 2004). Probablemente los organismos de La Segua están siendo afectados por agentes bacterianos, parasitarios o contaminantes. Montilla *et al.* (2017) mencionan que el humedal La Segua presenta complejos problemas relacionados a la mala calidad del agua producto de una eutrofización.

Adicionalmente, Anchundia (2018) reporta 4 especies de parásitos metazoarios que afectan a chames colectados en el Humedal La Segua, lo que podría estar relacionado a estos valores más altos de células de defensa.

CONCLUSIONES

Los parámetros hematológicos (hematocrito, hemoglobina y el recuento total de eritrocitos) variaron entre sitio de muestreo, lo que coincidió con la talla y peso de los organismos colectados.

Los organismos colectados en el Humedal La Segua presentaron los niveles más altos de neutrófilos, esto podría estar relacionado con mala calidad del agua o agentes patógenos.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de investigación “Aspectos biológicos del Chame *Dormitator latifrons* en ambientes naturales y de producción” financiado por la Universidad Técnica de Manabí y con autorización de colecta No.004-2019-DP-DPAM-MAE emitida por el Ministerio de Ambiente del Ecuador. A la fundación Fides y al proyecto "Biocorredor Estuario del río Chone y a La Segua" por financiar parte de estos resultados.

REFERENCIAS

- Anchundia M. (2018). Variación espacio-temporal de los parásitos metazoarios del Chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) en el estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador. Tesis de grado. Escuela de acuicultura y pesquería, Universidad de Manabí.
- Chang B.D., Navas W. (1984). Seasonal variations in growth, condition and gonads of *Dormitator latifrons* (Richardson) in the Chone River Basin, Ecuador. *J. Fish. Biol.* 24:637-648.
- Cnaani A., Tinman S., Avidar M., Hulata G. (2004). Comparative study of biochemical parameters in response to stress in *O. aureus*, *O. mossambicus* and two strains of *O. niloticus*. *Aquacult. Res.* 35:1434-44.
- Fazio F. (2019). Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: *Review.* *Aquaculture* 500:237-242.
- Hrubec TC., Cardinale JL., Smith SA. (2000). Hematology and plasma chemistry reference intervals for cultured Tilapia (*Oreochromis hybrid*). *Vet. Clin. Pathol.* 29:7-12.
- Iwama GK. (2002). Stress in fish: a tribute to Dave Randall, mentor and friend. International Congress on the Biology of Fish July 21-26, 2002 - University of British Columbia, Vancouver. CANADA. Recuperado de: <http://www-heb.pac.dfompo.gc.ca/congress/2002/Randall/randall.htm>
- Montilla A., Zambrano M., Reyna C. (2017). Análisis de las condiciones geográficas y ecológicas del humedal La Segua, provincia de Manabí, Ecuador. *Revista La Técnica* 18:70-88.
- Reddy PK., Leatherland JF. (1998). Stress Physiology. In Leatherland JF., Woo PY. (eds) *Fish Diseases and Disorders*, volume 2, Non-Infectious Disorders, 1st edn. CABI Publishing, New York, pp 279-301.
- Vicuña, O. (2010). *Dormitator latifrons* (Chame). En: Flores-Nava, A. & A. Brown (eds.) *Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo*. Serie acuicultura en Latinoamérica, editorial FAO 1:63-70.

Principios de fisiología productiva en acuicultura: sostenibilidad y simulación dinámica

Uzcátegui-Varela, J.P.^{1,2}, Isea, F.³ y Ceballos-Ramírez, M.¹

¹Grupo de Investigación en Ciencia Animal y Plantas Tropicales. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Sempurn” Núcleo La Victoria, Mérida, 5142, Venezuela. | ²Doctorado en Ciencias Humanas, Universidad de los Andes, Mérida-Venezuela. | ³Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental. Departamento de Acuicultura y Pesca. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

✉uzcateguij@unesur.edu.ve

RESUMEN

Los sistemas de producción animal centran su estructura, metabolismo y dinámica sobre principios biológicos mediante el estudio del animal como individuo y organismo productor de alimentos para la humanidad, razón por la cual resultan complejos. En el caso de la acuicultura, ésta genera alimentos de excelente calidad, siendo una de las fuentes proteicas de mayor valor biológico, al reportarse que proporciona más del 24% de la proteína animal consumida por la población mundial. En los últimos años, el comercio globalizador ha favorecido la explotación sustentable de organismos acuáticos como garante de seguridad alimentaria en América Latina, para ello, diversas herramientas prácticas están a disposición de investigadores y productores que les permiten comprender los elementos fisiológicos que condicionan el éxito de una granja acuícola. Los modelos de simulación animal son una opción, han progresado a raíz de la modernización del campo, con el propósito de demostrar que es posible predecir mediante fórmulas matemáticas, el efecto de cambios estructurales del sistema sobre la respuesta productiva de los animales de forma eficiente. Un modelo de simulación inicialmente requiere una representación mecanicista ajustada a la naturaleza local del sistema en general, que haga posible mediante flujos de energía matemáticamente articulados, controlar la ingesta de alimento, proyectar tasas de crecimiento, estimar requerimientos e incluso valorar el impacto ambiental. El desarrollo de modelos bioenergéticos nutricionales ofrece al acuicultor una aproximación para evaluar la eficiencia de las diversas funciones vitales de los organismos para generar el producto alimentario (proteína) que desea comercializar, como indicador determinante al momento de evaluar el nivel de sostenibilidad en la granja. Si bien por su complejidad pocos modelos se han utilizado para la toma de decisiones en acuicultura, se prevé un futuro alentador al incorporarse la agricultura de precisión, permitiendo elaborar planes de alto alcance para la producción animal acuática.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, eficiencia biológica, metabolismo, modelado, sistemas de producción animal.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal desempeñan múltiples funciones en los medios de vida rural, especialmente en familias pobres; son proveedores de ingresos, empleo y alimentos, que fortalecen los indicadores socioeconómicos garantes de estabilidad entre los agroecosistemas y la sociedad (Cassar-Malek *et al.*, 2008, Herrero *et al.*, 2013). El sector pecuario históricamente ha sido un importante componente para la economía agraria en el desarrollo de los países, ejerciendo un papel fundamental por garantizar seguridad alimentaria, un elemento esencial para crear estrategias de impacto en la producción agropecuaria moderna (Wanapat *et al.*, 2015). En vista del competitivo mercado pecuario para abastecer la demanda alimenticia en gran parte de América Latina, esta revisión describe *grosso modo* la importancia por conocer los eventos fisiológicos que definen la sostenibilidad y productividad de una granja acuícola mediante simulación dinámica a partir de modelos conceptuales, con la esperanza de estimular la investigación fisiológica.

La seguridad alimentaria está relacionada con la cantidad, calidad, valor nutricional y el acceso de los individuos a la comida. Este proceso tiene en cuenta la cultura, hábitos locales, formas productivas, sus efectos sobre el ambiente y la salud humana; razón por la cual es un tema que por años ha sido debatido en la política de países subdesarrollados (Leenstra, 2013; Paetzhold *et al.*, 2017).

Para Rodríguez *et al.*, (2016) una de las limitantes en gran parte de América Latina para lograr la seguridad alimentaria, radica en la imposibilidad de muchas familias por tener a su alcance un programa alimenticio adecuado; al respecto, los sistemas pecuarios surgen como uno de los principales proveedores de proteína para las familias del campo. Sin embargo, Devaux *et al.*, (2018) afirman que a pesar del fenómeno globalizador, aún los productores agropecuarios operan bajo empíricas prácticas de manejo que comprometen la integridad del ambiente y la calidad de sus productos, razón por la cual, el acceso a herramientas tecnológicas que le permitan monitorear los parámetros que definen su sistema económico, es limitado, demandándose según Liebe & White, (2019) un enfoque sistémico de innovación que resalte la aplicabilidad de teorías científicas para el éxito sostenible de sus unidades productivas, pues el crecimiento poblacional, la disponibilidad de recursos y las variantes climáticas, sugieren incrementar la sostenibilidad en la diferentes opciones de ganadería.

La sostenibilidad agrícola es un requisito clave para la rentabilidad a largo plazo de las zonas rurales (Pretty & Pervez, 2014); un sistema de producción animal se considera sostenible si los indicadores de productividad que generan, son aceptables ahora y, si sus efectos futuros son los esperados en relación con la disponibilidad de recursos, impacto ambiental y equidad social; convirtiéndose en un importante tema para el debate internacional, por lo que se han

desarrollado varios enfoques que pretenden evaluar la sostenibilidad de las granjas, los sistemas agrícolas y las cadenas de suministro (Schader *et al.*, 2014, Broom, 2017).

La producción animal a nivel mundial es muy dinámica, comprende estructuralmente la cría, alimentación y manejo de los animales; dicho dinamismo ha hecho que diferentes sistemas ganaderos asocien la ciencia y tecnología como parte del éxito productivo, para hacer frente a las restricciones de carbono, legislación ambiental y bienestar animal; razón por la cual comprender los principios fisiológicos que regulan la productividad animal, sigue siendo un gran desafío, especialmente para establecer sistemas de cría que respondan a las nuevas y diversificadas exigencias ecológicas del consumidor (Cassar-Malek *et al.*, 2008, Thornton, 2010).

Debido a la creciente demanda de productos animales y la necesidad por minimizar la degradación ambiental durante su obtención, es necesario repensar a fondo los esquemas productivos para diseñar nuevos patrones de manejo zootécnico, que permitan la asociación efectiva entre seguridad alimentaria y sostenibilidad, bajo la premisa de producir más alimentos con el máximo ahorro de recursos naturales (Herrero & Thornton, 2013, Shepon *et al.*, 2016). Al respecto Cantalapiedra-Hijar *et al.*, (2018) consideran que comprender las bases biológicas en los sistemas agropecuarios, permite organizar los conocimientos disponibles sobre las respuestas del sistema frente a situaciones nuevas o habituales, en función de mecanismos potenciales como el aprovechamiento alimenticio, control de la ingesta, medidas fisiológicas y rutas metabólicas.

Para Jansman & Te Pas, (2015) en las últimas décadas, la ciencia aplicada al área pecuaria, ha puesto mayor énfasis en evaluar la complejidad de los procesos biológicos asociados al crecimiento y desarrollo en especies animales de interés alimentario. Jones *et al.*, (2017) comentan que el aporte de todas las disciplinas involucradas en la producción agropecuaria, han hecho importantes avances para una amplia gama de aplicaciones en modelos agrícolas a varias escalas espaciales y temporales; a pesar de ello, aún existen limitantes que deben mejorarse, entre ellas, la escasez de registros o datos biológicos para desarrollar, evaluar y aplicar los modelos ideales en sistemas agropecuarios.

La aplicación de métodos para evaluar la eficiencia productiva en unidades pecuarias, es un enfoque importante para caracterizar el alcance del sistema mediante la identificación de los principales indicadores utilizados para el diagnóstico operativo, tomando en cuenta que la eficiencia en los sistemas se define por su capacidad relativa para usar los recursos ambientales; por tanto, es una práctica difícil de ejecutar con precisión, dadas las complejas interacciones que naturalmente identifica a los sistemas biológicos (Marques *et al.*, 2017).

Cuando la intensificación de los sistemas de producción animal comenzó a proyectarse como la vía para obtener mayor rendimiento comercial, el enfoque sistémico cambió de la maximización de ganancias a la optimización y, de la producción neta a la eficiencia productiva, la cual se ha denominado, productividad; esta interacciona los componentes estructurales del proceso productivo con las entradas y salidas del sistema. La economía agrícola y su gestión se convirtieron en disciplinas importantes para garantizar bajos precios de los alimentos, más beneficios a corto plazo y mayor eficiencia, de igual forma, equipos de mecanización, insumos químicos, mejoramiento genético y tecnología informática, están contribuyendo a aumentar la productividad de las granjas (Olesen *et al.*, 2000).

Un sistema agrícola es imposible de analizar sin tomar en cuenta uno o más procesos biológicos (Spedding, 1988). El interés por comprender las bases conceptuales que explican el dinamismo tradicional de un granja (Fig. 1), así como el metabolismo mineral, aprovechamiento proteico y energético en los animales explotados comercialmente, ha generado nuevas tendencias tecnológicas con la intención de favorecer la productividad animal bajo programas de equilibrio ambiental (Uffo, 2011). La intensificación de los sistemas de producción animal surge con el propósito de satisfacer las necesidades futuras de una población en expansión; sin embargo contribuyen significativamente al calentamiento global mediante emisiones de metano y óxido nitroso, un desperdicio metabólico que puede ser regulado con planes acertados de manejo integral que exige mayor productividad, ya que existe un vínculo directo entre la emisión de gases contaminantes y la eficiencia animal, cuanto más productivo sea el animal, la intensidad de emisiones por unidad animal debería disminuir (Groosi *et al.*, 2019).



Figura 1. Principales interacciones entre los servicios del ecosistema y los sistemas socioeconómicos. Obsérvese que las percepciones de los usuarios están determinadas por los individuos y decisiones colectivas (Mathé & Rey-Valette, 2015).

Entre los sistemas económicos rurales más relevantes, la acuicultura, el cultivo de organismos acuáticos, se ha convertido en la tecnología alimentaria de mayor crecimiento mundial. La producción acuícola aporta más del 24% de la proteína animal que requieren más de 3 mil millones de personas en los países en desarrollo (Obiero *et al.*, 2019); se prevé que en los próximos años, la acuicultura será la principal fuente de pescado debido a la demanda del

mercado y al agotamiento de la pesca silvestre, sin embargo, es necesario que sea más sostenible (Henchion *et al.*, 2017, Valenti *et al.*, 2018).

En el caso de la acuicultura pesquera, es un medio de producción alimentaria que presenta grandes desafíos en la actualidad, debido a la sobrepesca y contaminación de aguas naturales; pero al tomar en cuenta que la demanda de pescado está en constante aumento en todo el mundo, los altos precios que debaten los nuevos mercados, garantizan el éxito económico de tecnologías aplicadas para acuicultura sostenible (Gunkel *et al.*, 2015).

La sostenibilidad en la acuicultura se logra cuando el sector económico primario, es capaz de preservar el entorno natural y generar suficiente producto que satisfaga el mercado previsto (Rajee & Tang, 2017). Para Pullin *et al.*, (2007) es necesario que los productores sean más proactivos en la búsqueda de sostenibilidad para hacer contribuciones estables a la oferta mundial de productos acuícolas, sin crear impacto negativo al ambiente; para ello es relevante considerar tres categorías que construyen el concepto de sostenibilidad: eficiencia biológica, ecología ambiental y rentabilidad; sin embargo, resulta elemental incluir los aspectos sociales que rodean la producción acuícola; para Valenti *et al.*, (2018) las granjas que generan más insumos para la comunidad local y distribuyen las ganancias son más sostenibles. Por lo tanto, el porcentaje gastado para pagar el talento humano y el número de empleos creados por tonelada de producto son indicadores sociales útiles, en tal sentido, las granjas con valores más altos de estos indicadores, se consideran más sostenibles socialmente, considerándose como una herramienta importante para evaluar la acuicultura mediante la promoción a favor de incluir económicamente personas vulnerables y aliviar la pobreza.

La elección de indicadores para cada categoría de sostenibilidad debe asegurar que los resultados obtenidos sean cuantificables, amplios, científicamente sólidos, fáciles de comprender e interpretar, factibles de obtener en granjas o estaciones de investigación que, con la debida aprobación del productor, permita la comparación a diferentes escalas de espacio y tiempo entre granjas; de esta manera es posible la realización de diagnósticos, la identificación de fortalezas y debilidades, el establecimiento de objetivos y evaluar la efectividad de las acciones (Valenti *et al.*, 2018).

Es probable que el aumento de la producción acuícola requiera expansión en nuevos entornos, adicional a ello, es importante tomar en cuenta que mayor intensificación y exigencia de eficiencia animal para lograr una producción ambientalmente amigable, requiere la comprensión de los principios biológicos que regulan la fisiología productiva de los animales, y así definir el programa de cría más sostenible (Bostock *et al.*, 2010).

La eficiencia biológica es un término elástico que comúnmente se refiere al desempeño productivo del animal a nivel individual, frente a los parámetros medios del grupo o rebaño donde crece; es útil para analizar las oportunidades de optimizar la operatividad del sistema y, por lo tanto, su capacidad para competir por los recursos necesarios (Donald, 1973). En acuicultura, el crecimiento óptimo de cada organismo acuático es fundamental para monitorear la eficiencia biológica, ello requiere un manejo organizado de los estantes, específicamente el suministro adecuado de nutrientes mediante fertilización y alimentación suplementaria (Li & Yakupitiyag, 2003).

Las nuevas iniciativas sobre interpretación de datos abiertos en el campo son prometedoras para abordar los problemas de insostenibilidad que reportan los investigadores agrícolas en su interés por desarrollar múltiples plataformas y, modelos que proporcionen un marco útil de potencialidades y limitantes en la unidad de producción (Jones *et al.*, 2017). Para lograr una armonía efectiva entre los beneficios ecológicos y económicos en acuicultura Føre *et al.*, (2017) sugieren la creación de modelos dinámicos confiables para predecir, cómo las variables biológicas varían en respuesta a factores externos, integrando los elementos bióticos que determinan la productividad y sostenibilidad en una granja acuícola, permitiendo generar los correctivos o las soluciones adecuadas.

La mayoría de modelos actuales están orientados a la nutrición animal; en este aspecto representar acertadamente los sistemas animales ha permitido predecir con éxito respuestas biológicas que no habían sido previamente observadas, abriendo la posibilidad por desarrollar aspectos aún más específicos que incluyan una representación mecanicista para el control de consumo, predicción de requerimientos y ciclado de nutrientes (Black, 2014).

En principio es necesario que a través de símbolos gráficos, se plantee un modelo conceptual que ilustre la dinámica de la relación energía/proteína, con el ciclo de nutrientes elementales (carbono, nitrógeno y fósforo) y así, lograr incluirle lenguaje matemático predictivo (Li & Yakupitiyag, 2003). El enfoque de modelado bioenergético proporciona una herramienta teórica sólida para cuantificar la asignación de energía en vertebrados acuáticos, al distribuir la energía consumida en tres componentes básicos: metabolismo, crecimiento y desechos; de igual forma es posible incorporar modificaciones relacionadas con funciones propias del hábitat como salinidad y oxígeno disuelto (Deslauriers *et al.*, 2017). La estructura de un modelo bioenergético incorpora la comprensión de los bucles de control interno en el organismo animal y la pérdida de peso con respecto a la capacidad de carga manejada; con esta información es factible su implementación en un sistema integrado que resultaría sostenible gracias a la simulación dinámica (Rosero *et al.*, 2017).

El desarrollo de modelos integrados de simulación en sistemas acuícolas, requiere registrar indicadores biológicos, físicos y químicos para evaluar la salud en los cuerpos de agua (Parmar *et al.*, 2016). La práctica del modelado incluye considerar la categoría ambiental en su estructura; los impactos de la acuicultura sobre el ambiente varían según las especies que se cultivan y el sistema de producción empleado, por ello, el uso de modelos bioenergéticos ayuda a estimar numéricamente la liberación de desechos contaminantes como fósforo, nitrógeno y amonio, los cuales son residuos metabólicos que afectan la calidad del agua en los estanques (Fig. 2), una situación que bien puede ser controlada al ofrecer dietas balanceadas y horarios de alimentación pautados bajo criterios de sostenibilidad. Gracias a las herramientas que ofrece la simulación dinámica, es posible calcular la capacidad de carga del reservorio para observar predictivamente su efecto sobre el agua, y de esta manera lograr acercarse aún más al anhelo y deseo global por una acuicultura sostenible (Bueno *et al.*, 2017; Tsani & Koundouri, 2018).

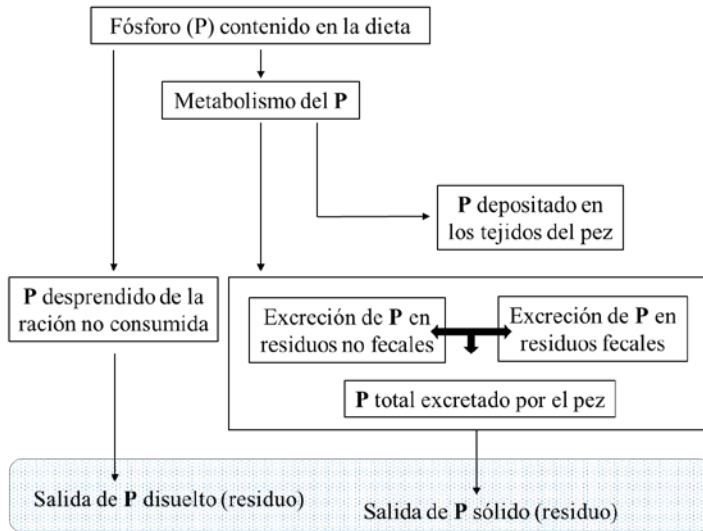


Figura 2. Modelo conceptual sobre el flujo de fósforo en la producción de peces (Bureau *et al.*, 2008 citado por Bueno, 2015). Nótese que la salida de P post-metabólica impacta negativamente la calidad del agua, requiriéndose dietas formuladas correctamente.

Para Magallón *et al.*, (2009) en acuicultura es necesario que el productor comprenda la importancia de estimar correctamente la capacidad de carga como la máxima productividad entre los animales en equilibrio con la oferta ambiental; se trata del fundamento teórico que rige las políticas de desarrollo ambiental sostenible. Un caso común para evaluar la capacidad de carga, es el nivel de fósforo total resultante en piscicultura, el cual varía según el tipo de alimento, programa alimenticio y densidad de organismos cultivados; fisiológicamente se espera

un incremento de eyecciones orgánicas y fósforo a medida que los animales aumentan de peso, y con ello las tasas de recambio de agua se acortan, lo que se traduce en menor aprovechamiento del recurso hídrico y aumento de costos operativos, pero si la intensión es apoyar el criterio de acuicultura sostenible, es necesario limitar la densidad de individuos, es decir, ajustarla a las capacidades naturales del entorno, sin menoscabar su dinámica de restauración ecológica (Rahman *et al.*, 2017).

El consumo de alimento, los procesos biológicos y el reciclaje de nutrientes a la columna de agua están dictados por un modelo bioenergético de peces (Dalyander & Cerco, 2010). La interacción entre parámetros fisiológicos e indicadores ecológicos (Fig. 3), le permite a expertos en modelado, generar protocolos de simulación a partir de fórmulas matemáticas, con capacidad predictiva sobre las percepciones adquiridas en el campo y así proporcionar escenarios útiles, para quienes deseen saber lo que podría suceder con una especie o ecosistema, de manera que se planteen los correctivos necesarios (Jørgensen *et al.*, 2016).

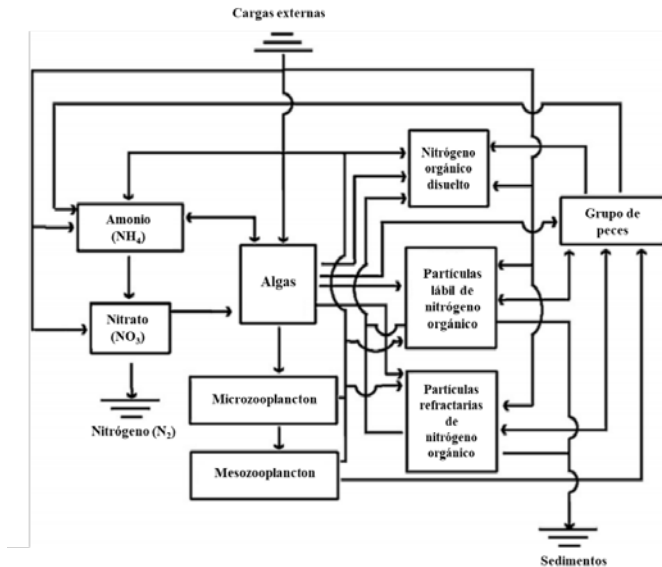


Figura 3. Modelo conceptual que ilustra el ciclo del nitrógeno (Dalyander & Cerco, 2010).

Las ecuaciones matemáticas se han empleado para agregar rigor cuantitativo a la descripción de los sistemas animales en el último siglo, utilizando ecuaciones simples para describir el crecimiento de los animales y predecir sus requerimientos nutricionales, dando respuesta a múltiples incógnitas sobre viabilidad económica y eficiencia biológica (Leung, 1986, Black, 2014). Hoy se dispone de simuladores y capturas de imagen satelital, que promueven la acuicultura de precisión incluyendo monitoreo, control y documentación de los procesos biológicos a cargo de los propios productores, como estrategia efectiva en la toma de decisiones

(Anyadike *et al.*, 2016, Føre *et al.*, 2017); los modelos vinculan la producción proteica con la dinámica de nutrientes esenciales y crecimiento, tomando en cuenta la dieta, curvas de crecimiento, aprovechamiento de nutrientes y oxígeno disuelto (Li & Yakupitiyag, 2003).

Otra aplicación del modelado y simulación en acuicultura corresponde a la representación bioenergética como guía para la recuperación planificada de especies en peligro, para ello se dispone de varios supuestos y técnicas de simulación: *a)* uso de valores registrados en la literatura; *b)* medición directa de parámetros; *c)* filtrado de Monte Carlo para el muestreo aleatorio; *d)* modelos orientados por patrones y *e)* evolución artificial. Estos modelos genéricos (Fig. 4) podrían ser un punto de partida útil para desarrollar modelos más rigurosos y dar respuesta a preguntas específicas sobre la conservación y recuperación de especies; es necesario aclarar los objetivos de la investigación, ya que los modelos producen hipótesis comprobables y requieren una estrecha relación de trabajo entre los expertos en modelado y las experiencias empíricas (Petersen *et al.*, 2008).

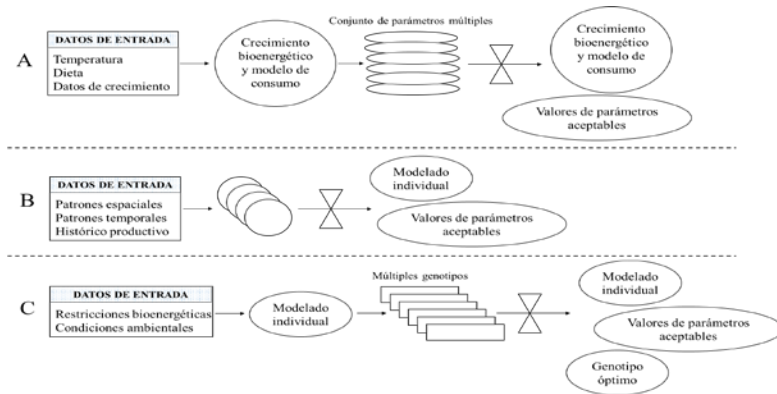


Figura 4. Representación esquemática de tres enfoques para el diseño de modelos bioenergéticos para la conservación de especies acuícolas. Si la salida del modelo no es diferente a los criterios de prueba, se supone que el valor del parámetro de interés o el conjunto de valores son aceptables. (A) muestreo de Monte Carlo para estimar parámetros, (B) desarrollo de modelos orientados a patrones y (C) evolución artificial (Petersen *et al.*, 2008).

Para Bueno *et al.*, (2017) la adopción de un enfoque estructurado por modelos dinámicos de simulación, permite monitorear la eficiencia zootécnica y mejorar los indicadores ambientales; para ello es fundamental desarrollar programas de seguimiento de la calidad del agua con fines acuícolas, e identificar los sedimentos que condicionan la capacidad de carga en lagos y embalses asignados para acuicultura extensiva; por otra parte es posible alentar a los productores y a la industria a exigir mayor competitividad en cuanto a eficiencia biológica en sus granjas como garantía de sostenibilidad.

El sector acuícola tiene una gran participación en los protocolos de análisis para lograr el equilibrio entre la producción de alimentos sanos y un ambiente ya impactado. Es esencial continuar investigaciones con el rigor que merece garantizar su contribución a la sostenibilidad de los sistemas alimentarios en el futuro.

CONCLUSIÓN

La fisiología animal es un área amplia de las ciencias de la vida que se refiere a la estructura y función de los animales, así como su respuesta frente al ambiente. Existen diversos procesos bioquímicos o rutas metabólicas que forman parte del ciclo de vida en animales de interés zootécnico que demanda mayor rendimiento para abastecer un importante sector agroalimentario. En acuicultura, los modelos de simulación predictiva permiten recrear estos eventos biológicos incluyendo sus residuos, para asegurar la productividad sostenible a nivel de granja; del mismo modo, es posible evaluar escenarios productivos, simplificar el diseño y la planificación de procesos reales al reducir la complejidad; de esta manera se puede evaluar el efecto a futuro de la ejecución de alternativas tecnológicas de manejo, para estimar entre otras cosas los puntos críticos que condicionan las máximas ganancias a mínimo costo. El objetivo es promover mediante experiencias de campo, el desarrollo de un modelo bioenergético que permita comprender la productividad biológica, mientras hace sostenible el sistema económico a partir de dietas balanceadas y un cronograma integral de manejo diseñado bajo criterios de sostenibilidad.

REFERENCIAS

- Anyadike, C., Mbajiorgu, C., Ajah, G. (2016). Review of aquacultural production system models. *Nig. J. Tech.* 35(2):448-457.
- Black, J. (2014). Brief history and future of animal simulation models for science and application. *Anim. Prod. Sci.* 54:1883-1895.
- Bostock, J., McAndrew, B., Richards, R., Jauncey, K., Telfer, T., Lorenzen, K., Little, D., Ross, L., Handisyde, N., Gatward, I., Corner, R. (2010). Aquaculture: global status and trends. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 365:2897–2912.
- Broom, D. (2017). Components of sustainable animal production and the use of silvopastoral systems. *R. Bras. Zootec.* 48(8):683-688.

- Bueno, W. (2015). Modelo bioenergético nutricional e balanço de massas para o monitoramento e estimativa de efluentes da produção comercial de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em reservatório tropical. Universidade de Brasília. Brasília-Brasil. Tese de Doutorado. 127 pp.
- Bueno, G., Bureau, D., Skipper-Horton, J., Roubach, R., Tavares de Mattos, F., Moreno, F. (2017). Mathematical modeling for the management of the carrying capacity of aquaculture enterprises in lakes and reservoirs. *Pesq. Agropec. Bras.* 52(9):695-706.
- Cantalpiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G., Guan, L., Hegarty, R., Kenny, D., McGee, M., Plastow, G., Relling, A., Ortigues-Marty, I. (2018). Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal* 12(s2):321-335.
- Cassar-Malek, I., Picard, B., Bernard, C., Hocquette, J. (2008). Application of gene expression studies in livestock production systems: a European perspective. *Australian J. Experiment. Agricult.* 48:701-710.
- Dalyander, P., Cerco, C. (2010). Integration of a fish bioenergetics model into a spatially explicit water quality model: Application to menhaden in Chesapeake Bay. *Ecological Modelling* 221:1922–1933.
- Deslauriers, D., Chipps, S., Breck, J., Rice, J., Madeenjjan, C. (2017). Fish Bioenergetics 4.0: an R-based modeling application. *Fisheries* 42(11):586-596.
- Devaux, A., Torero, M., Donovan, J., Horton, D. (2018). Agricultural innovation and inclusive value-chain development: a review. *J. Agribusiness Develop. Emerg. Econom.* 8(1): 99-123.
- Donald, H. (1973). Animal breeding: contributions to the efficiency of livestock production. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 267:131-144.
- Føre, M., Frank, K., Norton, T., Svendsen, E., Arve, J., Dempster, T., Eguiraun, H., Watson, W., Stahl, A., Magne, L., Schellewald, C., Skøien, K., Alver, M., Berckmans, D. (2017). Precision fish farming: A new framework to improve production in aquaculture. *Biosyst. Engin.* <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.10.014>
- Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A., Williams, A. (2019). Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers* 9(1):69-76.

- Gunkel, G., Matta, E., Selge, F., Moraes, G., Do Carmo, M. (2015). Carrying capacity limits of net cage aquaculture in Brazilian reservoirs. *RBCIAMB* 36(1):128-144.
- Henchion, M., Hayes, M., Mullen, A., Fenelon, M., Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*. 6(53):1-21.
- Herrero M., Grace, J., Njuki, J., Johnson, N., Enahoro, D., Silvestri, S., Rufino, M. (2013). The roles of livestock in developing countries. *Animal* 7(Supl.1):3-18.
- Herrero, M., Thornton, P. (2013). Livestock and global change: Emerging issues for sustainable food systems. *PINAS* 110(52):20878–20881.
- Jansman, A., Te Pas, M. (2015). Techniques for evaluating nutrient status in farm animals. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, *Livestock Research Report* 846, 47 pp.
- Jones, J., Antle, J., Basso, B., Boote, K., Conant, R., Foster, I., Godfray, H., Herrero, M., Howitt, R., Janssen, S., Keating, B., Munoz-Carpena, R., Porter, C., Rosenzweig, C., Wheeler, T. (2017). Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural Systems* 155:269-288.
- Jørgensen, C., Enberg, K., Mangel, M. (2016). Modelling and interpreting fish bioenergetics: a role for behaviour, life-history traits and survival trade-offs. *J. Fish Biol.* 88:389-402.
- Leenstra, F. (2013). Intensification of animal production and its relation to animal welfare, food security and 'climate smart agriculture. Wageningen UR Livestock Research. Communication Services. Report commissioned by Ministry of Economic Affairs, dir. European Agricultural Policy and Food Security. 20 pp.
- Leung, P. (1986). Applications of systems modeling in aquaculture. *Aquacultural Engineering* 5:171-182.
- Li, L., Yakupitiyage, A. (2003). A model for food nutrient dynamics of semi-intensive pond fish culture. *Aquacult. Engineering* 27(1):9-38.
- Liebe, D., White, R. (2019). Analytics in sustainable precision animal nutrition. *Animal Frontiers*. 9(2):16-24.

- Magallón, F., Arreola, A., Portillo, G., Casillas, R., Lechuga, D., Oliva, M., Porchas, M. (2009). Capacidad de carga y capacidad ambiental en la camaronicultura. En: Martínez, R. (ed). Camaronicultura sustentable: manejo y evaluación. Editorial Trillas. México, D.F. p. 37-80.
- Marques, P., Peripolli, V., Do Nascimento, V., Antunes-Dias, E., Ribas, G., Esteves, T., Kuczanski, M., Jardim, J. (2017). A proposal for the evaluation of the bioeconomic efficiency of beef cattle production systems. *Braz. J. Anim. Sci.* 46(1):65-71.
- Mathé, S., Rey-Valette, H. (2015). Local knowledge of pond fish-farming ecosystem services: management implications of stakeholders' perceptions in three different contexts (Brazil, France and Indonesia). *Sustainability* 7:7644-7666.
- Obiero, K., Meulenbroek, P., Drexler, S., Dagne, A., Akoll, P., Odong, R., Kaunda-Arara, B., Waidbacher, H. (2019). The contribution of fish to food and nutrition security in Eastern Africa: emerging trends and future outlooks. *Sustainability* 11(6): 1-15.
- Olesen, I., Groen, F., Gjerde, B. (2000). Definition of animal breeding goals for sustainable production systems. *J. Anim. Sci.* 78:570-582.
- Paetzhold, R., Steindorff, K., Georg, R., Vasconcelos, S., Troian, A. (2017). Desenvolvimento agrícola e segurança alimentar em Programas de Alimentação Escolar: os casos do PNAE (Brasil) e GSFP (Gana). *Rev. OIKOS* 16(3):98-111.
- Parmar, T., Rawtani, D., Agrawal, Y. (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science*, 9(2): 110-118.
- Petersen, J., DeAngelis, D., Paukert, C. (2008). An overview of methods for developing bioenergetic and life history models for rare and endangered species. *Transactions of the American Fisheries Society* 137:244–253.
- Pretty, J., Pervez, Z. (2014). Sustainable intensification in agricultural systems. *Ann. Bot.* 114(8):1571-1596.
- Pullin, R., Froese, R., Pauly, D. (2007). Indicators for the sustainability of aquaculture. In: Bert, T. (ed.), Ecological and genetic implications of aquaculture activities. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. p. 53-72.

- Rahman, M., Herliwati, H., Prihanto, A. (2017). Phosphor-based carrying capacity of Riam Kanan river, South Kalimantan on caged fish farming. *AACL Bioflux* 10(5):1091-1097.
- Rajee, O., Tang, A. (2017). Assessing the efficiency of different sustainable farming practices in reducing the environmental impacts caused by aquaculture. *Inter. J. Advanced Biotechnol. Research*. 8(1):305-314.
- Rodríguez, D., Anríquez, G., Riveros, J. (2016). Food security and livestock: the case of Latin America and the Caribbean. *Cien. Inv. Agr.* 43(1):5-15.
- Rosero, N., Martinez, J., Leon, H. (2017). A bio-energetic model of cyclist for enhancing pedelec systems. 20th IFAC World Congress (IFAC WC 2017), Jul 2017, Toulouse, France. 6 pp.
- Schader, C., Grenz, J., Meier, M., Stolze, M. (2014). Scope and precision of sustainability assessment approaches to food systems. *Ecology and Society* 19(3):42-53.
- Shepon, A., Eshel, G., Noor, E., Milo, R. (2016). Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environ. Res. Lett.* 11: 1-8.
- Spedding, C. (1988). Biological efficiency in agriculture. In: An introduction to agricultural systems. 2nd ed. Elsevier Applied Science Publishers LTD. New York, USA. p. 52-72
- Thornton, P. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365(1554):2853-2867.
- Tsani, S., Koundouri, P. (2018). A methodological note for the development of integrated aquaculture production models. *Front. Mar. Sci.* 4(406):1-13.
- Uffo, O. (2011). Producción animal y biotecnologías pecuarias: nuevos retos. *Rev. Salud Anim.* 33(1):8-14.
- Valenti, W., Kimpara, J., Preto, B., Moraes-Valenti, P. (2018). Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. *Ecological Indicators* 88:402-413.
- Wanapat, M., Cherdthong, A., Phesatcha, K., Kang, S. (2015). Dietary sources and their effects on animal production and environmental sustainability. *Animal Nutrition*. 1:96-103.

Efecto de la densidad de siembra inicial en elementos tubulares de la ostra alada *Pteria sterna* (Gould, 1851) bajo cultivo en suspensión

Karla Cadena Rosero, César Lodeiros, Luís Treviño, Jorge Vélez

Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador

✉ karlasofi17.z@gmail.com

RESUMEN

Semillas de *Pteria sterna* 21 mm fueron sembradas en elementos tubulares con mallas específicas biodegradable para la siembra de mejillones al 25, 50 y 100% de recubrimiento de la superficie exterior de la unidad experimental y mantenidas bajo cultivo en suspensión en bahía de Caráquez, estuario del río Chone. El crecimiento a las densidades de 25 y 50% de cubrimiento brindaron los mayores valores, distinguiéndose sus diferencias, aunque no en el primer muestreo. Al final del estudio los organismos de 50 y 25% obtuvieron valores significativamente superiores que las alcanzadas por los organismos sembrados al 100%. Nuestros resultados muestran la factibilidad de cultivo en elementos tubulares de *Pteria sterna* alcanzando tallas comerciales para el consumo en 6 meses o menos. La no diferenciación significativa del crecimiento entre las densidades utilizadas en el primer muestreo, sugiere una estrategia de siembra inicial al 100% de cobertura y luego a los 2-3 meses desdoblar a densidades menores (50-25%).

Palabras clave: Densidad, ostra alada, acuicultura, elementos tubulares

INTRODUCCIÓN

La ostra perla *Pteria sterna* es una especie que alcanza una longitud de 120 mm que ha mostrado gran atención para desarrollar cultivos para la producción de perlas (Monteforte 2013), aunque también para el consumo de su carne, así como otros subproductos con buenas perspectivas de desarrollo en Ecuador (Lodeiros y Villegas 2018).

Estudios recientes muestran cierta factibilidad del cultivo de la especie *Pteria sterna* en el estuario del río Chone. Treviño *et al.* (2019) expone que comenzando el cultivo con organismos de ~45 mm alcanzan tallas posiblemente comerciales (65-70 mm), cuando se cultivan durante 2 meses en suspensión utilizando cajas plásticas a densidades equivalentes a 237-356 organismos/m², con prácticamente el 100% de la supervivencia. Sin embargo, se necesitan más investigaciones para determinar la factibilidad del cultivo.

Algunas observaciones muestran que la especie, debido a la segregación de biso, podría ser cultivada de manera similar que el cultivo clásico de mejillones, el cual utiliza mallas de fácil degradación para sujetar las semillas en cuerdas, en función de dar tiempo a la fijación del mejillón a las mismas, degradándose la malla en poco tiempo y permitiendo la disposición de los mejillones en las cuerdas. En vista de ello, siguiendo las recomendaciones del cultivo de ostras perlas en cuerdas y elementos verticales tubulares (Semidey *et al.* 2010, Márquez *et al.* 2011, Mengual *et al.* 2011), se ensayó el cultivo suspendido de *Pteria sterna* en elementos tubulares, evaluando la densidad de siembra inicial en el estuario río Chone, provincia de Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estuario río Chone, en un muelle privado ubicado en Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador (Marina 69; 0°36'10.9" S y 80°25'2" W), del cual se colgaron los elementos tubulares de cultivo experimentales (estructuras experimentales de malla plástica con apertura de 9 mm, y de 25 cm alto y 26 cm de circunferencia).

Las semillas (20,8±0,44 mm; Intervalo de confianza 95 para todas las medidas; Fig. 1), provenientes de colecta natural (Bahía de Ayangué, provincia de Santa Elena, Ecuador), fueron sembradas con mallas específicas biodegradables para la siembra de mejillones, en los elementos de cultivo con un número de organismos de 30, 60 y 120, los cuales cubrieron el 25, 50 y 100% de la superficie exterior de la unidad experimental o réplica de cultivo (equivalentes a 462, 923 y 1846 organismos/m²). Para el experimento se establecieron 2 grupos de 4 réplicas por cada densidad (Fig. 2). El experimento comenzó el 25 de junio 2018, siendo el primero grupo extraído el 5 de noviembre de 2018; Fig. 3 y el segundo al final del experimento (5 de febrero de 2019; Fig. 4), para ser analizado en cuanto a supervivencia y parámetros biométricos (longitud antero-posterior y la masa seca-deshidratación a 65°C/72h de la concha y los tejidos).



Figura 1. Semillas *Pteria sterna* utilizadas

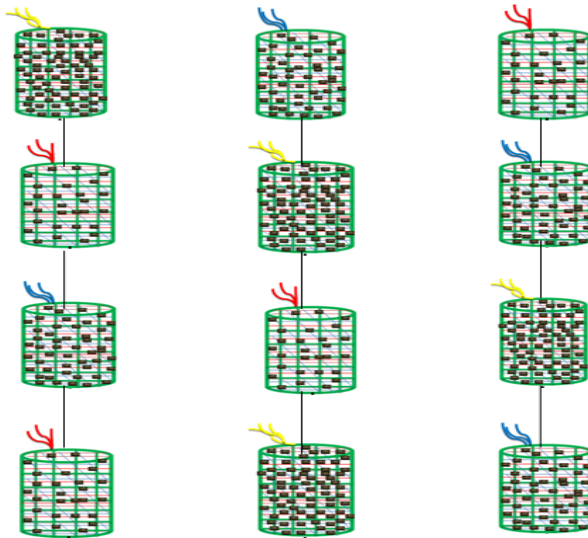


Figura 2. Grupo de diseño experimental, indicando el porcentaje de cobertura



Figura. 3. Primer grupo muestreado (5 noviembre 2018)



Figura. 4. Grupo final muestreado (5 febrero 2019)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio una supervivencia exacta no pudo determinarse, debido al comportamiento de migración de los organismos entre las unidades de réplicas a través de la cuerda que las unía; no obstante, aunque inicialmente se notó desprendimiento de los organismos, se estimó una supervivencia al final del estudio $>80\%$ para todas las densidades.

En todos los parámetros de crecimiento las densidades de 25 y 50% de cubrimiento brindaron los mayores valores, distinguiéndose sus diferencias, aunque no significativas (ANOVA, $P>0.05$; Fig. 5) en el primer muestreo. Al final del estudio los organismos de 50 y 25% obtuvieron valores significativamente superiores (ANOVA, $P<0.05$) que las alcanzadas por los organismos sembrados al 100%, tanto en longitud (63-65 mm; Fig. 5A), con masas de 19-20 g de concha y tejido de 1,8-1,19 (Fig. 5B y 5C). Treviño *et al.* (2019) aunque utilizando cajas tipo *nestier* comenzando con organismos más del doble del presente estudio, muestra una tasa de crecimiento de unos 10 mm/mes, mayor comparativamente a las 7-7,3 mm obtenidas por los organismos sembrados en los elementos tubulares, esta diferencia puede deberse a que el cultivo en Treviño *et al.* (2019) fue de unos 237-356 organismos/m², y las del presente estudio mucho mayores (923 organismos/m-50% cubrimiento), alternativamente las cestas podrían proporcionar un escenario de resguardo y condición que favorecen el crecimiento, evitando estrés por depredadores y mejor disposición de las ostras y del alimento evitando el efecto de corrientes.

Las tallas alcanzadas en los elementos tubulares (unos 65 mm) podrían ser perfectamente comerciales para el consumo ya que suponen unos 1,8-1,9 g de masa seca (equivalente 12-13 g tejido húmedo, con organismos de 41-44 g de masa húmeda total, data no mostrada). Aparte de ello, las tallas alcanzadas pueden utilizarse para realizar los implantes para la formación de mabes y posiblemente perlas libres. Dada la limitación del cultivo en Bahía de Caráquez, en el periodo seco de la región, esta última actividad de producción de perlas, no podría realizarse, ya que *Pteria sterna* no resiste salinidades por debajo de las 14 ups (Treviño *et al.* 2019).

Nuestros resultados muestran la factibilidad de cultivo en elementos tubulares de *Pteria sterna* alcanzando tallas comerciales para el consumo en 6 meses o menos, o de producción de organismos aptos para la nucleación de perlas, en lugares donde no exista una influencia de bajas salinidades (< 14 ups). La no diferenciación significativa de valores de crecimiento alcanzados en el primer muestreo sugieren, una estrategia de aumento de la producción podría ser sembrar al 100% de cobertura y luego a los 2-3 meses desdoblar a densidades menores.

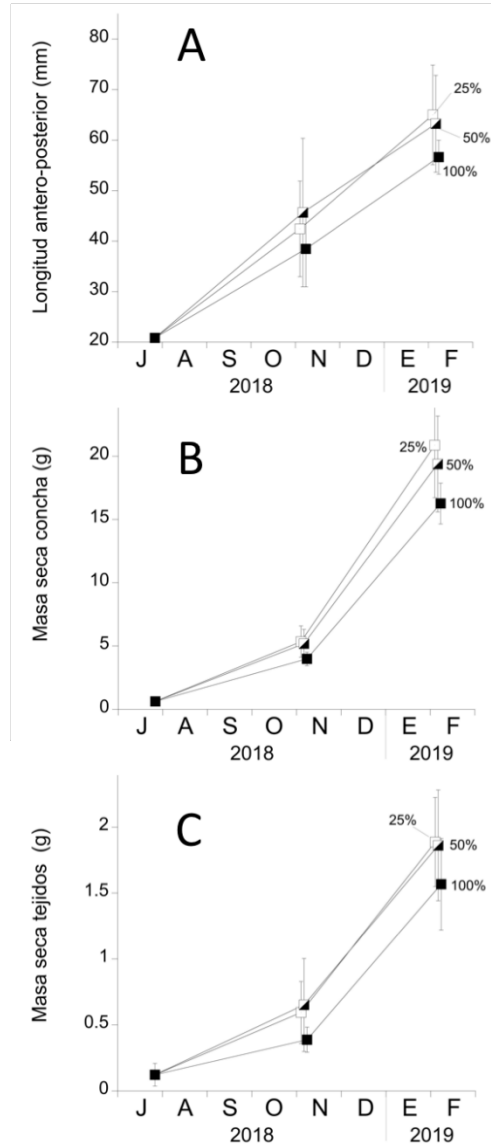


Figura. 5. Crecimiento de la ostra perla *Pteria sterna* en Bahía de Caraquez, Manabí Ecuador, en condiciones de cultivo suspendido usando diferentes densidades de siembra en elementos de cultivo tubulares. A) Longitud antero-posterior, B) Masa seca de la concha y C) Masa seca de los tejidos blandos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado por la marina 69 de Bahía Caráquez. La parte de la investigación fue soportada por el proyecto UTM-PYTBEC-2018-FCV0008 “Factibilidad del cultivo de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* y la ostra perlera alada *Pteria sterna* en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador”.

REFERENCIAS

- Lodeiros C., Villegas V. (2018). Cultivo de perlas en Ecuador. ¿Es posible?. *Acuicultura* Diciembre: 49-52.
- Mengual M., Lodeiros C., Márquez A. (2011). Crecimiento y supervivencia de la ostra alada *Pteria colymbus* (Röding, 1798), en estructuras tubulares en la Bahía de Mochima, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 29:219-229.
- Márquez A., Lodeiros C., Semidey D., Carpio M., Graziani C. (2011). Crecimiento y supervivencia en diferentes sistemas de confinamiento de la ostra perlífera *Pinctada imbricata* Röding 1798, en cultivo suspendido. *Zootecnia Trop.* 29(3):337-351.
- Monteforte, M. (2013). Instalación y operación de granjas perleras: Un manual para *Pinctada mazatlanica* y *Pteria sterna*. Editorial Académica Española, Barcelona, España, 184 pp.
- Semidey D., A. Márquez y C. Lodeiros. (2010). Crecimiento y supervivencia de la madre perla *Pinctada imbricata* (Röding 1798) bajo condiciones de cultivo suspendido, en cuerdas y cestas perleras. *Zootecnia Trop.* 28(4):521-533.
- Treviño L., Vélez J., Lodeiros C. (2019). Effects of stocking density in the growout culture of winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851). *Aquaculture Research* 50:964-967.

Eficiencia de la maduración natural y probiótica en un sistema de recirculación de agua para el cultivo de chame (*Dormitator latifrons*)

Leonela Intriago Cedeño, Estefania Mora Barrera, Nohelia López Vera, Dennis Tomalá Solano, Jodie Darquea Arteaga

Facultad Ciencias del Mar. Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Santa Elena, Ecuador.

✉ leonela.intriago@upse.edu.ec

RESUMEN

Dormitator latifrons es una de las especies nativas con potencial para la diversificación acuícola en nuestro país, constituyéndose una alternativa alimenticia para la población. El cultivo de chame se caracteriza por ser de tipo extensivo, resistente a enfermedades y poseer un exquisito sabor de carne. Estudios referentes a su cultivo bajo sistemas tecnológicos son escasos. Los sistemas de recirculación de agua (SRA), ofrecen ventajas en el aprovechamiento del espacio, reducción y control de la calidad de agua. El presente estudio tiene como finalidad evaluar la eficiencia de la maduración natural y probiótica de un sistema de recirculación de agua (SRA) con alevines de chame. El diseño experimental se realizó en el laboratorio de la Facultad Ciencias del Mar, UPSE durante 76 días. Se evaluó dos tratamientos: T1 = sin adicción probiótica y T2 = con adicción de un probiótico comercial. Ambos tratamientos contaron con un biofiltroador (esponja, perlón, piedra pómez y carbón activado) a una densidad de siembra de 0.33 peces/litro. En el primer tratamiento sin adicción probiótica (T1) se logró la maduración del SRA en 48 días, siendo el de mayor rendimiento con una tasa de crecimiento específico (TCE) de 0.28% de peso; mientras que, en la maduración del T2 los valores de NH_3 y NO_2 llegaron a valores mínimos, estabilizando el sistema a los 28 días de cultivo, obteniendo una TCE baja con 0.09% de peso, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. La biomasa inicial de T1 fue 107.7 g y T2 con 153 g. Los resultados proyectaron que el crecimiento de peces tuvo un mejor rendimiento en el T1 aumentando 20.9 g en la biomasa final (128.6 g) y menor en el T2 con un aumento de 8.3 g (161.3 g), aunque en ambos tratamientos existió una correlación entre fuerte a moderada de las variables de peso y talla. Estos resultados mostraron que la maduración del SRA para el T2 se obtuvo en menor tiempo, debido a que el probiótico aceleró la proliferación de bacterias, desdoblando los compuestos nitrogenados y evitando el recambio de agua, logrando efectividad en el sistema.

Palabras Clave: Chame, SRA, biofiltroador, eficiencia, probiótico.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura a nivel mundial ha estado en constante crecimiento, más que otros sectores de producción de alimentos. De acuerdo a la FAO (2018), la acuicultura ha superado a la pesca de captura como fuente de pescado comestible. El elevado índice de sobreexplotación pesquera, ha provocado un aumento de la actividad acuícola tanto en producción como a nivel investigativo, produciendo peces comerciales a gran escala comercial de forma eficaz (Anguís, 2016), implementándose mejoras en los diversos cultivos continentales con sistemas de recirculación de agua (SRA), que ofrecen ventajas en el aprovechamiento del espacio, reducción y control de calidad de agua, permitiendo la rentabilidad del cultivo y mejores tasas de crecimiento (Sedano, 2016); sin embargo, muchos acuicultores ven un riesgo en la maduración de los SRA. Miller y Libey (1984) sostienen que el éxito de la maduración de los SRA han sido escasos; debido a que uno de los mayores problemas es el desarrollo de las bacterias nitrificantes en el filtro biológico por la fijación, desarrollo y adaptación de las colonias bacterianas a parámetros como pH y temperatura (Merino y Facundo, 2007). Tradicionalmente, los filtros se basan en el crecimiento de bacterias nitrificantes quimiolitotróficas que oxidan el amonio excretado por los peces y lo transforman en nitrato por medio de la nitrificación (Wheaton, 1977; Spotte, 1979). Por esta razón, a nivel regional se utiliza en los cultivos acuícolas la inoculación directa de colonias vivas (*Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas stutzeri*, *Nitrobacter winogradskyi* y *Nitrosomonas europea*) para acelerar el proceso de maduración en los filtros biológicos (Candarle, 2006). Por lo tanto, es importante establecer formas eficientes en la maduración de filtros, sin desestabilizar la carga bacteriana nitrificante.

El cultivo de chame (*Dormitator latifrons*) es una de las opciones acuícolas más interesante en el Ecuador, por la capacidad de transformar la energía potencial del detritus en energía utilizable, promoviendo la colonización de bacterias quimioautótrofas (EcoCostas, 2006). En la actualidad es una de las principales especies cultivadas y comercializadas en la Provincia de Manabí, donde se concentra la mayor producción destinada al consumo local y donde la población local manifiesta que contiene una carne exquisita y se consume en diversas presentaciones (Delgado, Morán, y Holguín, 2018), considerándose una especie nativa con potencial para la diversificación acuícola en nuestro país. El presente estudio tiene como finalidad evaluar la eficiencia de la maduración del sistema de recirculación de agua (SRA), en la fase natural y en fase de adición probiótica en el cultivo de chame.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el laboratorio de la Facultad Ciencias del Mar, ubicado en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad-Ecuador (2°14'05" S80°52'40" W).

El sistema de recirculación de agua (SRA) estuvo compuesto por un tanque reservorio de agua dulce con una capacidad de 100 L, que suministró al circuito un volumen constante de 30 L, por medio de una bomba sumergible. Se adicionó un filtro vegetal utilizando plantas acuáticas (*Ceratophyllum demersum*), en un recipiente rectangular de 30 L con sifón (tubo PVC $\frac{3}{4}$ cubierto con malla) que conectaba al tanque reservorio y a las unidades de cultivo (acuarios). Para las unidades de cultivo se utilizaron dos gavetas plásticas rectangulares de 30 L, cada uno con un sifón ubicado en la parte central, los cuales fueron conectados por la parte inferior externa con un tubo PVC $\frac{3}{4}$ hacia un balde plástico de 20 L (colector de sólidos), con la función de contribuir a la sedimentación de los sólidos y a su vez permitir la salida del agua hacia un recipiente rectangular de 40 L (biofiltrador). El biofiltrador estuvo dividido con acrílico en tres compartimentos perforados: la primera división contenía esponjas y perlón como elementos de filtración mecánica, la segunda con piedra pómez y piedra base para fijación de las bacterias como filtración biológica y la tercera con carbón activado como filtración química. El sistema de recirculación contenía un total de 180 L con un caudal de recirculación de 0.13 L/seg (Fig. 1).

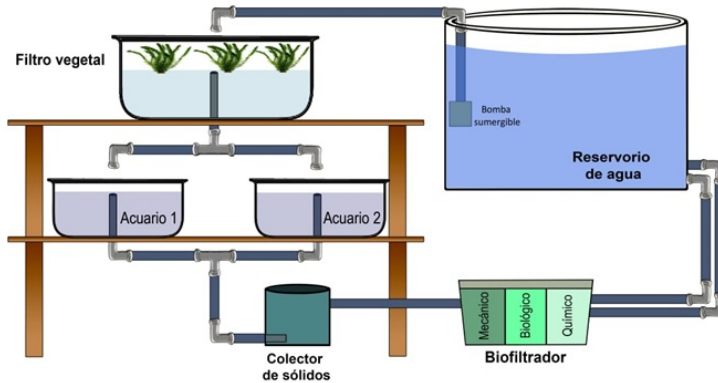


Figura 1. Representación gráfica del sistema de recirculación de agua (SRA) para cultivo de chame

Diseño experimental

Se desarrollaron dos tratamientos con el SRA: el primer tratamiento (T1) se realizó sin adicción probiótica y el segundo tratamiento (T2) con adicción probiótica, agregándose probiótico comercial al biofiltrador en dosis de 0.13 ml/L continuando con 0.06 ml/L hasta el séptimo día. Dos unidades experimentales fueron utilizadas en el SRA a una densidad de siembra de 10 organismos/acuario en razón de 0.33 peces/litro. Para efectuar la investigación, se tomaron en consideración los siguientes aspectos:

Obtención de los Organismos: Los ejemplares de chame (*D. latifrons*) en estadio alevín, fueron colectados de una piscícola en la parroquia “San Antonio” perteneciente a la provincia de Manabí. Posteriormente, fueron trasladados al laboratorio para su aclimatación en un tanque con 300 L de agua desclorinada y aireación constante.

Alimentación: Se suministró alimento balanceado comercial con una composición de proteína cruda 35%, grasa cruda de 6-13%, fibra cruda 5%, humedad 12%, cenizas 13%. La dosificación del alimento fue distribuida en dos horarios, en la mañana (10:00 am) con el 50% y en la tarde (17:00 pm) con el 50% restante, completándose la ración del alimento diario. La cantidad de alimento suministrado fue en razón del 3% de la biomasa total por acuario.

Biometría (talla/peso): Los datos biométricos se registraron utilizando un ictiómetro para la longitud total y una balanza digital para el peso. La talla fue medida a partir de la boca hasta la aleta caudal. La biomasa se determinó mediante la sumatoria del peso de cada ejemplar. Ganancia de peso y Tasa de crecimiento específica: La ganancia diaria de peso (GDP) y la tasa de crecimiento específico (TCE) fue estipulada de acuerdo a Martínez (2010).

$$GDP = \frac{g \text{ pez}}{\text{día}} = \frac{\text{Ln Ph}_2 - \text{Ln Ph}_1}{t}$$

Dónde: Ph₁ = es el peso húmedo inicial, Ph₂ = peso húmedo final de los organismos y t = número de días en tiempo experimental.

$$TCE = \frac{\% \text{Peso corporal}}{\text{día}} = \frac{\text{Ln Ph}_2 - \text{Ln Ph}_1}{t} \times 100$$

Dónde: Ph₁= es el peso húmedo inicial, Ph₂= peso húmedo final de los organismos, Ln = logaritmo natural, t = número de días en tiempo experimental.

Tasa de sobrevivencia: La tasa de conversión de sobrevivencia (TS) se determinó mediante la expresión matemática utilizada por Cruz *et al.*, (1993) comprobándose el porcentaje de organismos vivos hasta finalizar la experimentación.

$$TS = \frac{N^\circ \text{ final de organismos}}{N^\circ \text{ inicial de organismos}} \times 100$$

Parámetros físico-químicos: Durante la ejecución de la investigación, se realizaron monitoreos semanales (cada 3 días) de los parámetros físico-químicos. Para el registro de temperatura se utilizó un termómetro digital y para la maduración del SRA se efectuó la

medición de los compuestos químicos como pH, amonio, nitrito y nitrato a través de test comerciales.

Análisis Estadístico: Los parámetros de temperatura y pH fueron analizados con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney aplicada para comprobar la heterogeneidad a dos muestras independientes y para evaluar el crecimiento de los especímenes se utilizaron las pruebas de Kruskal-Wallis (medianas) y ANOVA (medias), ambas comparan de manera independiente las variables (peso / talla) en las semanas experimentales, así mismo la prueba de correlación de Durbin-Watson se usó para comprobar la relación entre las variables de talla y peso por tratamiento. A través del software STATGRAPHICS Centurion XVII.I, se determinó el nivel de confianza al 95% ($P < 0,05$).

RESULTADOS

El tiempo de maduración del sistema de recirculación de agua en fase natural (T1) se obtuvo a los 48 días y en la fase de adición probiótica (T2) en 28 días, determinándose el período de maduración mediante la disminución del amonio en el SRA, mostrando que en el T1 el descenso de amonio se inició a partir del día 33 llegando y manteniéndose en 0 mg/L hasta el día 48; mientras que, para el T2 disminuyó a partir del día 24, llegando a 0 mg/L en el día 27 de cultivo. Se evidenció la presencia de nitrito de 1 mg/L cuando los valores de amonio disminuyeron en el T1 el día 33. En el T2 se reportó un incremento de nitrito de 2 mg/L; mientras que el nitrato estuvo alrededor de 20 mg/L, ascendiendo a partir del día 21, aun cuando el amonio continuaba elevado (8 mg/L). En el día 27 el nitrito (2 mg/L) empezó a descender indicando que el biofiltrador se encontraba maduro y que había culminado el proceso de maduración (Fig.2 y 3).

Dentro de los parámetros físico-químicos: la temperatura mostró tendencias distintas en ambos tratamientos. Los promedios fueron $26.44^{\circ}\text{C} \pm 0.93$ SD (T1) y $27.38^{\circ}\text{C} \pm 0.35$ SD (T2), encontrándose diferencias significativas por medio de la prueba Mann-Whitney ($P = 0.04$). Respecto al pH, los valores fueron similares en los dos tratamientos ubicándose dentro del rango normal fluctuando entre 7 a 8.5, obteniendo un valor de P mayor a 0.05.

De manera general en los dos tratamientos, la temperatura se mantuvo entre un rango de 25 a 30°C , permitiendo así el crecimiento de bacterias nitrificantes en el sistema, así también el pH se mantuvo en un rango de 7.8 – 8.5 promoviendo la proliferación de bacterias *Nitrosomonas* sp y *Nitrobacter* sp. que, por lo general, se incrementan en las población ambientales con pH entre 7.3 – 7.5. El nivel de oxígeno disuelto fue superior al 80% de saturación.

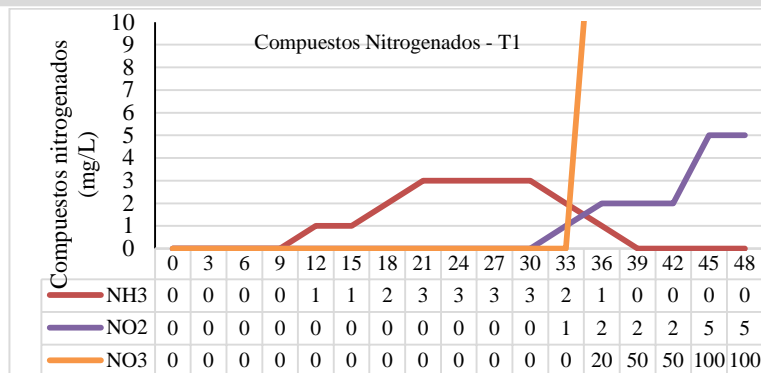


Figura 2. Datos obtenidos de los compuestos nitrogenados en el cultivo de *D. latifrons* con SRA en la fase natural.

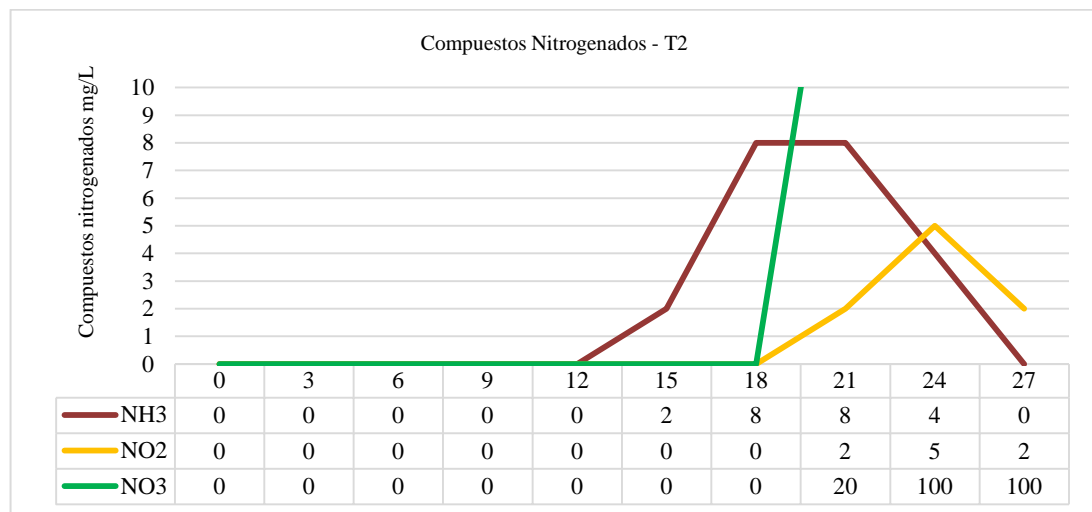


Figura 3. Compuestos nitrogenados en el cultivo de *D. latifrons* con SRA en la fase de adición probiótica.

La biomasa inicial y final para T1 fue de 107,7 g a 128,6 g; mientras que, para T2 fue de 153 g a 161,3 g (Fig. 4). De acuerdo al análisis de correlación de Durbin-Watson entre peso y talla, el T1 obtuvo un coeficiente de correlación relativamente fuerte $R=0,94$, denotando una relación directamente proporcional entre las variables de estudio, mientras que en el tratamiento 2 la relación fue moderadamente fuerte entre las variables $R=0,88$ (Fig. 5).

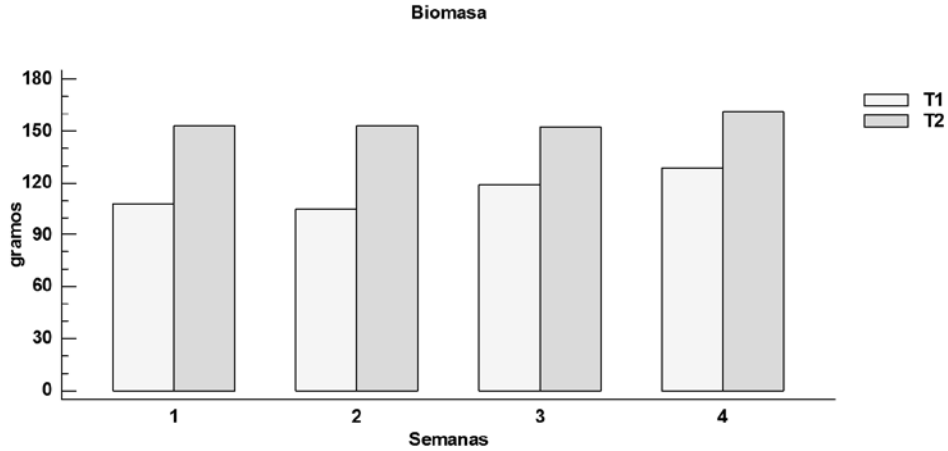


Figura 4. Biomasa semanal en las unidades de cultivo del SRA.

$$R = 83,6895\% (\text{Peso} = -26,3449 + 3,9632 \cdot \text{Long} + 0,874006 \cdot \text{Tra} = 2)$$

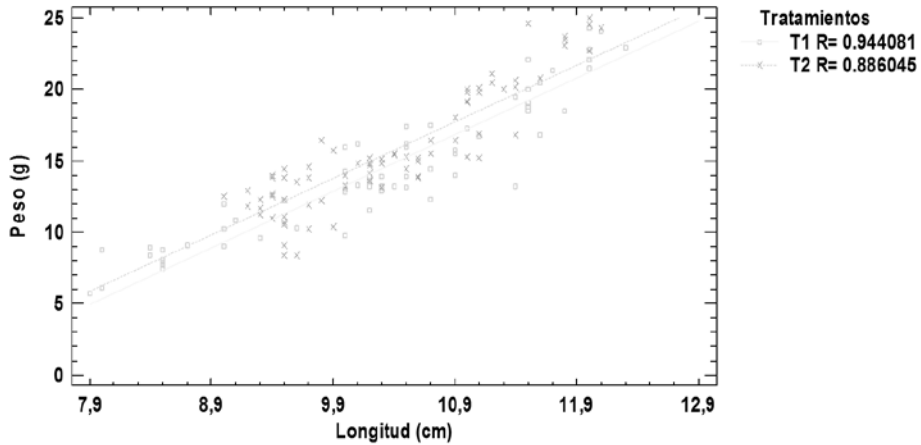


Figura 5. Correlación peso - talla en cada uno de los tratamientos con SRA para *D. latifrons*

La tasa de conversión alimenticia y de crecimiento específico fue mayor para el T1; obteniéndose un TCE de 0,28% de peso; a diferencia del T2 con solo un 0,09%, esto debido a que los organismos permanecieron por mayor tiempo en cultivo y por la talla inicial con la que iniciaron en la experimentación.

La supervivencia del T2 se mantuvo en su totalidad desde el inicio hasta la finalización del estudio a diferencia del T1 que registró un 85% de supervivencia (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de tasa de conversión alimenticia, ganancia diaria de alimento, tasa de crecimiento específica y supervivencia de *D. latifrons* en cada uno de los tratamientos.

	Biomasa (g)		TCA	GDP	%TCE	%TS
	Inicial	Final				
T1	107.7	128.6	1	2.7×10^{-3}	0.28	85
T2	153	161.3	0.81	8.1×10^{-4}	0.09	100

DISCUSIÓN

La gestión del sistema de recirculación de agua requiere de ajustes y un registro continuo para alcanzar un ambiente perfecto para los peces cultivados (FAO, 2015). Los parámetros de calidad de agua deben encontrarse dentro de rangos aceptables para el mantenimiento y salud de los organismos. Por esta razón, el presente estudio proporciona avances significativos para los acuicultores en la tecnificación de los sistemas de cultivo, mejorando y procurando la expansión en la producción, empleando sistemas de recirculación de agua con biofiltración para diversas especies acuícolas.

Varios autores citados en Gallego y García (2017) sostienen que la maduración del biofiltro se obtiene cuando la concentración de Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) en el efluente se estabiliza por debajo de 0.7 mg/L, logrando que la colonización bacteriana realice la oxidación de nutrientes disueltos en el agua. En el presente estudio, el tiempo de maduración del biofiltro en el SRA presentó una variación de 48 y 28 días para T1 y T2, respectivamente; siendo la fase de adición probiótica (T2) la más eficiente en lograr la máxima expresión bacteriana, con una diferencia de 20 días respecto al T1, debido a que los probióticos comerciales cuentan con una variedad de bacterias que promueven el proceso de nitrificación. Asimismo, Gallego y García (2017) realizaron un SRA prototipo en *Onchorynchus mykiss*, utilizando un tren de tratamiento integrado, considerándose maduro al paso de 37 días, cuando el amonio resultó en menor concentración (0.2 mg/L) y que los biofiltros ayudan a obtener mejores tasas de crecimiento. Por su parte, Arcos y Sonnenholzner (2009) obtuvieron una reducción en la concentración de Nitrógeno Amoniacal Total (NAT) en 8 días en un SRA para *Litopenaeus vannamei*.

Sin embargo, la fase natural (T1) obtuvo un periodo de maduración mayor, adquiriendo un mejor rendimiento de biomasa final (128.6 g), y tasa de conversión alimenticia de 1, teniendo relación a lo expresado por García (2014), quien menciona que la TCA ideal es igual a 1 y cuando es mayor a 2 representa una baja eficiencia de los peces para convertir el alimento en biomasa.

Los parámetros de calidad de agua se mantuvieron dentro de los límites permisibles para ambos tratamientos en el cultivo de chame. La temperatura estuvo dentro de los rangos

establecidos según los requerimientos de la especie, además este parámetro permitió la aceleración de la reacción de la nitrificación. Por otra parte, Gallego y García (2017) sostienen que cuando se obtienen valores de pH menores que cuatro se inhibe el proceso de nitrificación. No obstante, en esta investigación los valores de pH oscilaron entre 7 – 8.5 favoreciendo la adaptación de las poblaciones bacterianas manteniendo un pH de 6 – 9.

De acuerdo a Merino y Facundo (2007), las concentraciones de amoníaco fluctuaron de 1 –3 mg/L (T1) y 2 – 8 mg/L (T2), esto se debió a la capacidad que obtuvo el biofiltrador para oxidar nitrógeno aumentando proporcionalmente los niveles de amoníaco. Por el contrario, en el proceso de nitrificación en los tratamientos comenzó con la producción del amoníaco en altas concentraciones y luego descendió a medida que ocurría la transformación bacteriana, en cambio con el nitrato se inició con cantidades nulas y con el paso del tiempo comenzó aumentar hasta obtener una concentración mayor, tal como lo estipula Buttner (2000) y Wedemeyer (2001), afirmando que las bacterias efectuaron el proceso de nitrificación, obteniendo la maduración del biofiltro en donde el NAT fue gradualmente convertido a nitrito y luego a nitrato. Candarle (2006) planteo que este proceso es realizado por las bacterias autotróficas y aeróbicas pertenecientes a dos grupos genéricos Nitrosomonas y Nitrobacter. Las concentraciones elevadas de nitrato (20 – 100 mg/L) en ambos tratamientos ayudaron a la desintoxicación del agua logrando la retención en el sistema acumulando mayores niveles del nitrógeno excretado. Por esta razón la utilización de biofiltradores de nitrificación para eliminar el amoníaco (NH_3), se justifica en el hecho que los peces toleran más nitrato (NO_3) que nitrito (NO_2) así lo expresa Mariluz (2015), siendo el nitrito el compuesto más tóxico para los organismos de cultivo. Según Meyer (2002), sostiene que el crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción y crecimiento adecuado es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia. Ambos tratamientos experimentales, permitieron un desarrollo y crecimiento eficiente de la especie, obteniéndose un índice alto de tasa de supervivencia T1 (85%) y T2 (100), siendo valores cercanos a lo mencionado por Montenegro y Vallejo (2015) que manifiestan que el chame puede proponerse como una alternativa para la producción acuícola.

CONCLUSIONES

La maduración del sistema de recirculación para el T2 fue más eficiente, debido a que el probiótico aceleró la proliferación de bacterias, desdoblando los compuestos nitrogenados en menor tiempo y evitando un excesivo recambio de agua.

En ambos tratamientos existió una correlación fuerte y moderada entre las variables peso y talla, aunque la tasa de crecimiento específica (TCE) y la tasa de conversión alimenticia (TCA) fue mayor en el T1.

La tasa de supervivencia para los dos tratamientos fue superior al 85%, siendo el diseño y adecuación del SRA idóneo para el cultivo de chame.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitir uso de instalaciones.

REFERENCIAS

Anguís V., Sedano F. (2016). Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina. In: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. El Puerto de Santa María, 1-17.

Arcos Correa, Danny, Sonnenholzner, Stanislaus, Townsend, Soraya. 2012. Calidad de agua en un sistema de recirculación con biofiltros para la producción intensiva de postlarvas de camarón *Litopenaeus vannamei*. Tesis de grado. Ingeniería en Acuicultura. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Buttner J. (2000). System Set-up and conditioning. En Recirculating Aquaculture Set-up Chronological Assistance Letters. RASCALs Editores Hanes F., Cookson C. New England Board of Higher Education. 45 Temple place, Boston.

Candarle P. (2006). Técnicas de Acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de acuicultura., 14-15.

Cruz E., Ricque D., Martínez A. (1993). Evaluación de los subproductos del camarón en forma de harina como fuente de proteína en dietas balanceadas para *Panaeus vannamei*. In: Memorias del primer Simposio internacional de nutrición y tecnología de alimentos para acuicultura. Monterrey, N. L. México. pp: 205-232.

Delgado D., Morán I., y Holguín B. (2018). Producción y exportación del chame en el Ecuador en el período 2013 - 2016., Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, (septiembre 2018). En línea: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/produccion-chame-ecuador.html>

- EcoCostas. (2006). Estudio de factibilidad para la implementación de un Centro de Capacitación para el cultivo de Chame *Dormitator latifrons* en el Estuario de Cojimíes. Editorial Manejo Costero Integrado. Guayaquil, Ecuador.
- FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Texto. Helm, M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. 29 Noviembre 2018: (<http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>).
- Gallego I., García D. (2017). Remoción de nitrógeno amoniacal total en un biofiltro: percolador-columna de arena. *Tecnología y ciencias del agua* 8(1):81-93.
- García E. (2014). Tecnologías alternativas de alimentación para cachama, tilapia, bagres y langostinos. Acuacría. Primer encuentro nacional de producción de alimentos balanceados y otras alternativas de consumo animal. Valencia, España. pp:12.
- Mariluz A. (2015). Evaluación de los parámetros productivos y de calidad de agua en el cultivo de Tilapia *Oreochromis niloticus* en sistemas de recirculación cerrada en laboratorio. Tesis de pregrado, Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería y de Alimentos, Universidad Nacional del Callao, Perú.
- Martínez A. (2010). Bioquímica digestiva, cinética celular y fisiología energética de *Octopus maya*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán, México.
- Merino O., Facundo S. (2007). Sistema de Recirculación y Tratamiento de Agua. Santa Ana, Corrientes: S.N.
- Meyer E. (2002). Control de la calidad del agua de estanques para mejorar la producción de camarones y peces. CAP (Certification for Aquaculture Professionals).
- Miller G., y Libey G. (1984). Evaluation of a trickling biofilter in a recirculating aquaculture system containing channel catfish. *Aquacultural Engineering* 3:39-57
- Montenegro C., Vallejo A. (2015). Estudio del potencial acuícola del Chame *Dormitator latifrons*, en la Vereda El Olivo, Municipio de Arboleda Berruecos. Tesis de pregrado, Fundacion Juanambú San Juan de Pasto, Universidad de la Costa Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, Departamento de Nariño, Colombia.

Sedano F. (2016). Calidad del agua en sistemas de recirculación para la acuicultura (SRA) marina. Obtenido de Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

Wedemeyer, G.A. (2001). Editor. Fish hatchery management, second edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Potencialidad para la crianza del chame (*Dormitator latifrons*, Pisces: Eleutridae) en el Carmen, Ecuador

Ramón Horacio Zambrano-Aveiga¹, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta^{1,2}, Janeth Jácome- Gómez¹, Myriam Zambrano-Mendoza¹, Juan Pablo Tobar-Galvez¹, María Verónica Taípe Taípe¹, Janeth Intriago¹, Sandro Cornejo¹, Javier Salcán¹ y Anayansi Albert Rodríguez^{1,3}

¹Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión en El Carmen, Manabí, Ecuador. | ²Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. | ³Universidad de Santi Espíritu, Cuba.

RESUMEN

En la actualidad hay una tendencia global a la diversificación del espectro de organismos acuáticos cultivados en América Latina y desarrollar la potencialidad de la ictiofauna nativa, como es el caso del Chame (*Dormitator latifrons*) Distribuido desde el Sur de California hasta el norte del Perú, sobrevive a variaciones abióticas (salinidad y temperatura), presenta una conversión alimenticia que le permite ganar peso en menor tiempo con respecto a otros peces, representando una alternativa alimenticia nacional y para generar divisas al país. Dadas las condiciones agroecológicas para la crianza y alta aceptación de esta especie, en esta investigación se estudió la potencialidad para la crianza del Chame (*D. latifrons*, Pisces: Eleutridae) en El Carmen, Ecuador, donde se identificó desde el manejo que realizan los productores en el traslado de los alevines hasta las piscinas de crianza y engorde. Su cultivo puede darse durante todo el año, en muchos lugares del litoral ecuatoriano, especialmente en las provincias de Esmeraldas, Manabí y del Guayas, por ser una especie apetecida no solo por su sabor, sino también por resistencia al transporte para el mercado. Representa una fuente de proteína de bajo costo para la alimentación humana de menos recursos económicos. Alcanza de 1 a 3 libras de peso, con una longitud de 20 a 30 cm. El periodo de producción es de aproximadamente un año sin suministro de alimentación suplementaria. Su alimentación se basa fundamentalmente en detritus, correspondiendo a un consumidor primario de tipo detritívoro. Sin embargo, dependiendo de la época del año, la localidad y la disponibilidad de alimentos, puede comportarse como consumidor primario de tipo omnívoro, incorporando a su dieta, anélidos, copépodos y otra microfauna no definida, con cierta proporción. Además, por su posición trófica compite inter-específicamente con otros peces detritívoros. La potencialidad del cultivo de Chame se debe a la facilidad de su manejo, adaptabilidad y rusticidad, viviendo en ambientes de agua dulce; es considerado un pez tipo filtrador, iliófago y herbívoro, por la constitución de su tracto digestivo y por el tipo de alimentación (raíces de plantas acuáticas, fitoplancton y detritos orgánicos), lo que implica bajos costos de producción al no requerir del uso de dietas especiales, con una alta conversión alimenticia.

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica, las condiciones agroclimáticas y la tradición acuícola de Ecuador, le permite ocupar un lugar privilegiado para las actividades relacionadas con la pesca y la acuicultura; en este sentido, se ha generado la necesidad de utilizar cultivos alternativos no tradicionales, donde se ha apuntalado a la producción de Chame, la cual puede ocurrir durante todo el año y en muchos lugares del litoral ecuatoriano, especialmente en la provincia de Manabí. Además, resulta ser una especie apetecida no solo por su sabor, sino también por su larga vida en anaquel, lo cual permite que se pueda transportar o manipular durante largo tiempo sin que esto conlleve a la pérdida de su consistencia natural y su sabor, teniendo gran aceptación en el mercado nacional e internacional.

El Chame, Dormilón chame, Dormilón porroco o Puyeki (*Dormitator latifrons*, Richardson 1844) pertenece a la clase Actinopterygii, orden Perciformes, familia Eleotridae. Se encuentra desde California (Estados Unidos) hasta las costas del Perú (Sur América), se desarrolla en climas tropicales y subtropicales con preferencia en aguas con temperaturas entre 21 y 30 °C, con un promedio de 26 °C, salinidad de 14% con tolerancia al oxígeno de hasta 0,4 ppm, un pH que varía de 6,4 a 9,4 y una densidad de 5 chames adultos·m⁻² (Loor-Risco, 2002). Desde 1980 ya se vislumbraba el potencial del Chame para ser utilizado en piscicultura, como fuente de proteína de bajo costo, en la alimentación humana de menos recursos económicos (EcoCostas, 2006).

De acuerdo con Delgado *et al.* (2018) las granjas acuícolas cumplen un papel fundamental en la economía de muchas familias del país ya que, por la calidad del suelo, el clima y recursos naturales la producción acuícola ha permitido que el Chame sea una especie controlada y a su vez sostenible durante todo el año; actualmente se encuentran más de 100.000 ha de piscinas con esta especie, lo cual convierte a Ecuador en uno de los grandes exportadores de este tipo de pescado; en este sentido, en los últimos 5 años su producción ha superado los 300.000 kg netos de carne. Más del 70% de quienes se dedican a la acuicultura cultivan camarones, seguido de las tilapias y los chames, que han ido incrementando en los últimos años debido a la exquisitez de la carne de estos peces, los cuales han sido exportados a mercados de Estados Unidos, República Dominicana y Canadá.

Bonifaz *et al.* (1998) señalaron que la alimentación y hábitos alimenticios del Chame en el sistema lagunar costero ecuatoriano, se basa fundamentalmente en detritus, lo cual corresponde con un consumidor primario de tipo detritívoro. No obstante, de acuerdo a la época del año, a la localidad y a la disponibilidad del alimento, puede comportarse también como un consumidor primario de tipo omnívoro, incorporando a su dieta, anélidos, copépodos y otra microfauna no

definida, con cierta proporción. Por su posición trófica compete inter-específicamente con otros peces detritívoros; entre los más importantes *Mugil curema*, *M. cephalus*, *Gobionellus microdon*, *Eleotris pictus* y *Gobiomorus macrulus*.

La utilización de distintos porcentajes de detritus como fuente única de alimento registró un crecimiento positivo pero lento, lo que técnicamente no es conveniente. Por otro lado, la utilización de morera (*Morus alba* L.) como único alimento fue más eficiente que la mezcla de otras especies forrajeras como maíz, pasto y pueraria (*Pueraria* sp.), por lo que, podría ser un alimento alternativo para especies acuícolas. Aun cuando el Chame es un pez detritívoro no tuvo problema en adaptarse al cambio de alimento balanceado (32% de proteína), con lo cual incrementó significativamente de peso a los 20 días de evaluación. También se determinó que tolera densidades altas ya que la mortalidad promedio fue de 7,5% valor inferior al reportado por otros autores, lo cual sugiere que el Chame podría cultivarse sometido a cautiverio (Agualsaca, 2015).

Dadas las condiciones agroecológicas para la crianza y alta aceptación de esta especie, en esta investigación se estudió la potencialidad para la crianza del Chame (*Dorminator latifrons*, Pisces:Eleutridae) en El Carmen, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue de tipo no experimental donde no se manipularon deliberadamente las variables. Solo se observaron fenómenos tal y como se dieron en su contexto natural, para después analizarlos, tal como lo señaló Kerlinger (1979). En este sentido, se resalta que la investigación no experimental o ex-post-facto es aquella investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones, por no tener control directo sobre las variables independientes. De hecho, no hay condiciones o estímulos a los cuales se expongan los sujetos de estudio. Los sujetos son observados en su ambiente natural, en su realidad. En otras palabras, en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. En la investigación no experimental las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, al igual que sus efectos.

Por lo que, se realizó una investigación de tipo documental en la cual se siguió una selección, recopilación de información, crítica de documentos y materiales bibliográficos de diferente índole. La investigación documental depende fundamentalmente de la información que se recoge o consulta en documentos a los que se puede acudir como fuente o referencia en cualquier momento o lugar. Lo cual permite la integración, organización y evaluación de la información teórica y empírica existente sobre un problema o situación. No obstante, también puede buscar

no objetar un tema sino recrear el contexto teórico de la investigación. Para ello se vale de fuentes confiables, de la selección y el análisis del material en cuestión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Barriga (2012) propuso un mapa de la distribución ictiohidrográfica (Fig. 1) que estima 11 zonas donde se incluyeron los 31 sistemas hidrográficos, con 79 cuencas y 137 subcuencas que fueron considerados por el Instituto de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI, 2010), coincidiendo con ello, el Ministerio de Agricultura del Ecuador (MAG, 1999) y el Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002). En el mismo orden de ideas, Barriga (2012) fijó los límites de las diferentes zonas ictiohidrográficas del occidente del Ecuador, estableciendo los siguientes niveles altitudinales en la zona intermareal se consideró desde 0 hasta 200 msnm de altitud, las zonas restantes se extendieron hasta la cota de 2800 msnm, altitud que corresponde al límite de distribución de los peces. Para la vertiente oriental, los límites de distribución se hallan desde 190 msnm, en el límite con el Perú, hasta los 600 msnm que fue el límite superior de las zonas ictiohidrográficas de la baja Amazonía. A partir de este nivel, en la tercera cordillera andina (Napo Galeras, Cutucú y el Cóndor) la cota superior alcanzó 2.800 msnm (Fig. 1).

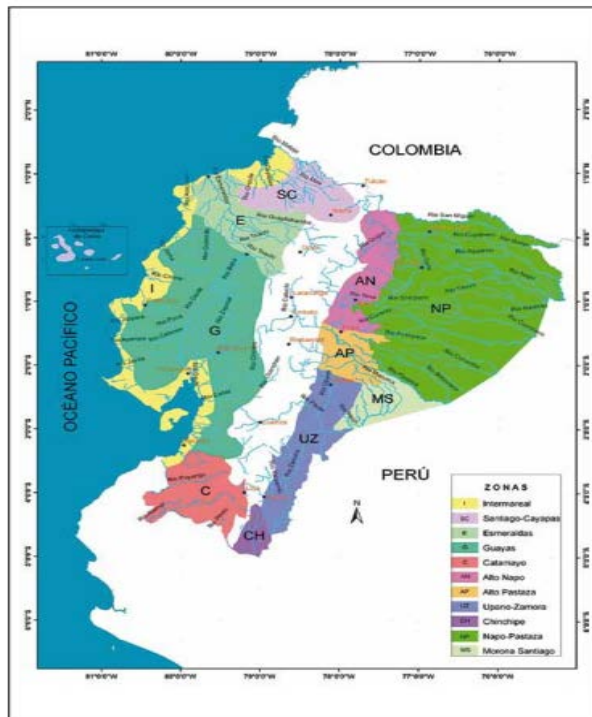


Figura 1. Zonas ictiohidrográficas de Ecuador. Fuente: Barriga, 2012.

El Chame viene siendo cultivado artesanalmente a partir de juveniles silvestres (Rodríguez *et al.*, 2012). Sin embargo, aun con los resultados que vienen obteniendo en Ecuador en el engorde de esta especie, su dependencia de semilla silvestre es una limitante para aumentar su producción debido a que; en acuicultura, para tener un cultivo sostenible es necesario cerrar el ciclo biológico de la especie que significa tener un pleno control sobre la producción de huevos, larvas y juveniles (Asmat *et al.*, 2018).

Puede tener un peso de 1-3 libras, su dimensión va desde los 20 hasta los 30 cm. El tiempo de producción del Chame es de aproximadamente un año sin suministro de alimentación suplementaria. Aunque esto varía de acuerdo a la densidad de siembra y la calidad del agua (Cevallos *et al.*, 2001, EcoCostas, 2006).

Factores ecológicos para la producción del Chame

De acuerdo con Lascano (2000) y Osejos Merino *et al.* (2018) para la reproducción en cautiverio del Chame, el suelo de las piscinas debe ser arcilloso y mantener diferentes niveles de agua que sean similares a las áreas de reproducción natural, lo que permite que los peces puedan mantener la cabeza fuera del agua y capturar oxígeno para el intercambio gaseoso y sobrevivir por varias horas fuera del agua.

El Chame prevalece en agua dulce, lo que genera muchas opciones de lugares donde puede cultivarse y criarse, pues se pueden emplear pozas, estanques, canales, piscinas, como fuentes adicionales a los humedales naturales. Su alta adaptabilidad y capacidad de supervivencia le permiten resistir a las variaciones de su hábitat, donde se incluyen factores como temperatura, pH, salinidad, entre otras. Sin embargo, aun con todas estas características es importante que para la reproducción eficiente en los criaderos se debe tener en cuenta que la fuente de agua debe ser abundante y de buena calidad. La salinidad estandarizada debe ser de hasta 15 ppt, las condiciones de oxígeno deben ser desde 2,0 ppm en adelante para asegurar su óptimo desarrollo (Jiménez y Espín, 2010).

Es necesaria una temperatura que fluctúe entre 21 a 30 °C. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor será la tasa metabólica aumentando el consumo de oxígeno (Rodríguez, 1994).

De acuerdo a Nava (2008) el cultivo de Chame requiere pH que varía desde 6,4 a 9,4 esto favorece el desarrollo de la productividad natural del hábitat; mientras más estable permanezca el pH, mejores condiciones se propiciarán para la productividad natural, la misma que constituye una fuente importante de alimento.

Una alta mortalidad ocurre durante el transporte de los alevines desde algunos sectores de Manabí, debido al maltrato dado durante el transporte y a la falta de métodos de adaptación del Chame de aguas saladas hacia agua dulce. Por lo que se recomienda realizar el transporte durante la noche, “en camas” que no permitan que los peces estén uno encima del otro, luego se los adapta poco a poco de alta a baja salinidad durante varias horas. En la movilización de Chames desde la comunidad San Antonio, cantón Chone hasta El Carmen se registró una mortalidad de 62%, de 1300 alevines transportados aproximadamente 153 km, solo sobrevivieron 494 (Fig. 3).



Figura 3. Mortalidad de Chames (*Dormitator latifrons*) transportados de manera tradicional.

En las experiencias obtenidas por el grupo de investigación, en cuanto a la alimentación realizada a los alevines de Chame se utilizó alimento balanceado de camarón en etapa de crecimiento, proporcionando cantidades no medidas; sin embargo, es importante señalar que también se utilizó alimento balanceado para tilapia, el cual es un pellet flotante, por lo cual los peces subían a la superficie para consumirlo, información interesante en el ámbito científico, ya que lo tradicional es que el alimento sea sumergido en la piscina de cultivo. Esta información permitiría producir un alimento adecuado en cuanto a los requerimientos nutricionales y la presentación del mismo, desde su disposición flotante o sumergible y las ventajas que presenta a la hora de un mayor aprovechamiento del mismo por los Chames.

Según López (2001) el aporte de nutrientes complementarios para peces, dependiendo del tipo de cultivo, generalmente es obtenido mediante la fertilización o abonamiento de los estanques para estimular su producción primaria. Dependiendo del tipo de cultivo se complementa mediante la fertilización ciertas vitaminas, elementos trazas y aminoácidos que no

siempre está disponible en los alimentos balanceados; además, del aporte dado por microelementos de fitoplancton y zooplancton los cuales corresponden entre 12 a 15% de proteínas, 3 a 7% de grasa, cenizas de 1 a 4% y carbohidratos 71%.

En cuanto el uso de fertilización en el cultivo de Chame se observó un incremento promedio en el peso, ancho y largo total de los Chames, en el transcurso de la etapa de engorde, tal como puede apreciarse en la Fig. 4.

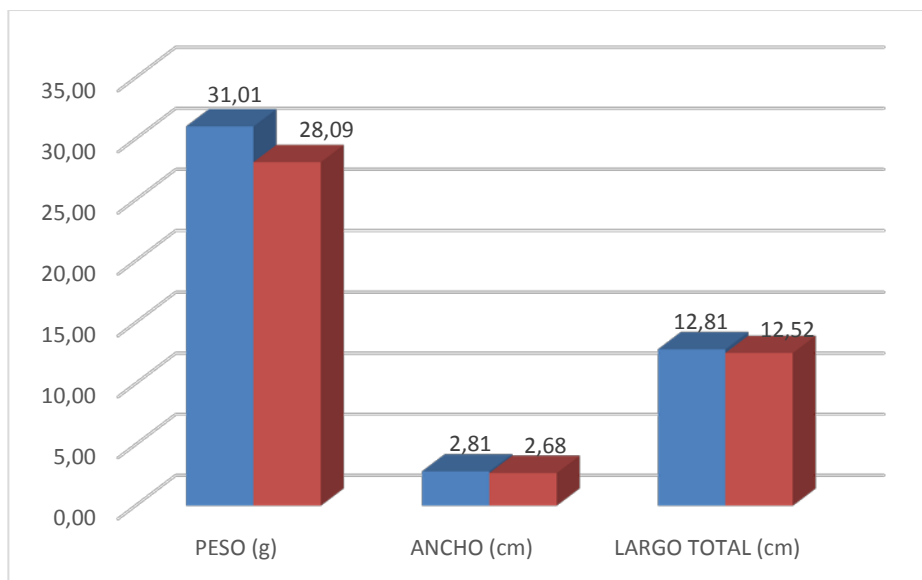


Figura 4. Fertilización del cultivo de Chame (*Dormitator latifrons*). T1= Fertilización química (azul), T2= Sin fertilización química (café).

CONCLUSIÓN

La potencialidad del cultivo de Chame se debe a la facilidad de su manejo, adaptabilidad y rusticidad, viviendo en ambientes de agua dulce; es considerado un pez tipo filtrador, iliófago y herbívoro, por la constitución de su tracto digestivo y por el tipo de alimentación (raíces de plantas acuáticas, fitoplancton y detritos orgánicos), con una alta conversión alimenticia, lo que implica bajos costos de producción al no requerir del uso de dietas especiales. Es necesario realizar investigaciones relacionadas con la manera de transportar los alevines para disminuir la mortalidad de los mismos y su posterior acondicionamiento en los lugares de cultivo, e incluso la evaluación de los requerimientos nutricionales en cada etapa de crecimiento y desarrollo y la presentación de los alimentos balanceados, sea este sumergible o flotante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agualsaca Ormaza, J.G. (2015). Adaptación de Chame (*Dormitator latifrons* R.) Sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación. IASA II. 13 p.
- Asmat C., R.S., Hidalgo M., A. y Ramírez, B.S. (2018). Maduración sexual de *Dormitator latifrons* (Richardson 1844) en cautiverio. *Manglar*. 15(2):93-98.
- Barriga S., R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*. 30(3):83-119.
- Bonifaz, N., Campos, M., Castelo, R. y Chang, B. (1998). El Chame una nueva fuente de alimentación e ingresos. Fundación Ciencia. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador.
- Cevallos, G., Loor, M. y Bazurto, L. (2001). Respuesta del chame (*Dormitator latifrons*) en confinamiento alimentado con cinco nutrientes orgánicos. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Zootecnista. Universidad Técnica de Manabí. Manabí, Ecuador. 58 p.
- Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2002). El proceso de la formulación de la política y estrategia de manejo de los recursos hídricos en el Ecuador. Disponible en: <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/8/23348/InEc00504.pdf>. Fecha de consulta: octubre 2019.
- Delgado Delgado, D.D., Morán Caicedo, I.A. y Holguín Burgos, B. (2018). Producción y exportación del chame en el Ecuador en el período 2013-2016. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/09/produccion-chame-ecuador.html>. Fecha de consulta: agosto 2019. 19 p.
- EcoCostas. (2006). Estudio de factibilidad para la implementación de un Centro de Capacitación para el cultivo de Chame (*Dormitator latifrons*) en el Estuario de Cojimíes. Guayaquil, Ecuador.
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). 2010. Anuario meteorológico 2010. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202010.pdf>. Fecha de consulta: octubre 2019.

- Jiménez Marmolejo, V. y Espín Novoa, J. (2010). Plan de negocios para la creación de un criadero especializado en el cultivo y comercialización de chame ubicado en la provincia de Esmeraldas cantón Río Verde. Facultad de Ciencias Administrativas y Contables. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. Disponible en: <https://www.repositorio.puce.edu.ec>. Fecha de consulta: septiembre 2019.
- Kerlinger, E.N. (1979). Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento. México, D.F. Nueva Editorial Interamericana. Actualmente se publica por McGraw-Hill Interamericana.
- Lascano Freire, C. (2000). Experiencias en el manejo del Chame (*Dormitator latifrons*) en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador. Disponible en: [udenar.edu.co: revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/download/1476/1816](http://udenar.edu.co/revistas.udenar.edu.co/index.php/reipa/article/download/1476/1816). Fecha de consulta: septiembre 2019.
- Lloor-Risco, O. (2002) *Dormitator latifrons*, una opción de vida para las comunidades de escaso recursos económicos de la costa ecuatoriana. Disponible en: <https://www.carlos.redes.org.ec/Articulo%20el%20chame.htm>. Fecha de consulta: septiembre 2019.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1999). Sistema de Monitoreo Ambiental en el sector agropecuario del Ecuador. Diagnóstico y Línea de Base.Tomo I, Documento Técnico No.11. 367 pp.
- Nava, J. (2008). Evaluación de bacterias ácido lácticas comercializadas como probióticas. Departamento de Biología, Universidad de los Andes. Venezuela.
- Osejos Merino, M.A., Merino Conforme, M.V., Jaramillo Véliz, J.J. y Merino Conforme, M.C. (2018). Factores ecológicos y su incidencia en los ecosistemas del chame (*Dormitator latifrons*) en la Segua de Canuto cantón Chone - Ecuador. *Ciencia Digital*. 2(2):7-27.
- Rodríguez, M. (1994). Bacterias productoras de ácido láctico: efectos sobre el crecimiento y la flora intestinal de pollos, gazapos y lechones. Facultad de Veterinaria, Universidad Complutense de Madrid.
- Rodríguez-Montes de Oca, G.A., Medina-Hernández, E.A., Velázquez-Sandoval, J., López-López, V.V., Román-Reyes, J.C., Dabrowski, K. y Haws, M.C. (2012). Producción de larvas de Chame (*Dormitator latifrons*, Pisces:Eleotridae) usando GnRH α y LHRH α . *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 25(3):422-429.

Caracterización fisicoquímica de la harina de hidrolizado de plumas obtenida mediante método físico para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

María Mora¹, David Mejías¹, Xiulingy Méndez¹, Fernando Isea León^{1,2}, Diana Ramírez.¹

¹ Grupo de Investigaciones en Acuicultura y Zoología Aplicada (GIAZA) de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” (UNESUR). Santa Bárbara de Zulia 5148. Venezuela. | ² Grupo de Investigación en Sanidad Acuicola, Inocuidad y Salud Ambiental (SAISA) de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Escuela de Acuicultura y Pesquería. Bahía de Caráquez. Ecuador.

✉ dianaing75@gmail.com; fernandoisea77@gmail.com

RESUMEN

La harina de hidrolizado de plumas (HHP) es un subproducto de la industria avícola, de alto valor proteico (>70%), que ha sido considerada como una materia prima alternativa ante la necesidad de sustituir la harina de pescado en las dietas para peces. El propósito del trabajo fue caracterizar fisicoquímicamente una HHP obtenida experimentalmente mediante tratamiento físico a fin de ser utilizada en la formulación de dietas experimentales para la alimentación de alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp). En este sentido, se emplearon plumas, provenientes de una agroindustria, las cuales se procesaron en autoclave a 15 lb/pulg² de presión y una temperatura de 121 °C durante 2 horas, posteriormente se secaron en estufa a 70°C durante 24 horas y se procedió a la molienda para obtener así la HHP experimental. Se realizó el análisis proximal, de acuerdo a la AOAC (1999), reportando los siguientes valores: 6,38 ± 0,32% de humedad; 87,56 ± 0,63% de proteína; 0,65 ± 0,10% de grasa; 1,96 ± 0,006% de cenizas y 3,45 ± 1,04% de extracto no nitrogenado, destacando el importante aporte proteico alcanzado, superior al requisito exigido por COVENIN (1482-79) y al reportado en HHP comercial. Con base en los resultados de la composición de la harina obtenida, se logró la formulación de dietas experimentales con sustitución de harina de pescado por HHP para ser empleadas en la alimentación de alevines de tilapia roja.

Palabras clave: hidrolizado de plumas, método físico, análisis proximal, tilapia roja.

INTRODUCCIÓN

La demanda de alimento a nivel global se ve afectada por el inminente crecimiento demográfico. Fundamentalmente, las exigencias de proteína animal crecen a medida que la población mundial aumenta. De ahí el desafío por evaluar alternativas que permitan satisfacer la demanda de este nutriente esencial, a fin de cubrir los requerimientos nutricionales del ser humano.

A través de la acuicultura se han desarrollado técnicas indispensables, para aumentar la productividad, contribuyendo a elevar el índice de consumo de proteína animal de origen acuático, convirtiendo a esta actividad en una importante fuente de desarrollo socioeconómico en muchos países. De acuerdo a (FAO, 2018), la acuicultura continúa creciendo más rápido que otros sectores principales de producción de alimentos de origen animal, tales como la pesca de captura y los sistemas de producción de carne de cría en tierra. Lamentablemente, hay indicios de que la tasa de crecimiento de la acuicultura mundial puede verse limitada, debido a que gran parte de esta actividad depende de la harina de pescado para la formulación de balanceados que se utilizan en la alimentación de peces de cultivo, según (IFFO, 2017); tomando en cuenta que la explotación y cultivo de organismos acuáticos están condicionados en gran medida a la cantidad y calidad del alimento suministrado (Toledo, 2012).

En vista de la necesidad de optimizar los métodos de alimentación empleados en la acuicultura, así como de reducir la dependencia de insumos convencionales, poco disponibles como la harina de pescado. Se considera relevante la evaluación de un subproducto de la industria avícola, como lo es la harina de hidrolizado de plumas de alto valor proteico (>70%) para ser empleada como una materia prima alternativa en la formulación de dietas para peces de gran potencial piscícola como la tilapia roja (*Oreochromis* sp.).

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de la investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum” UNESUR, en Santa Bárbara de Zulía, Municipio Colón, Venezuela.

1) Obtención de la harina de hidrolizado de plumas mediante el método físico

La harina de hidrolizado de plumas se elaboró a partir de plumas provenientes de una Agroindustria avícola local, las mismas se procesaron en los laboratorios de Química Inorgánica, Bioquímica y Acuicultura de la UNESUR, de acuerdo al esquema tecnológico mostrado en la Figura 1.

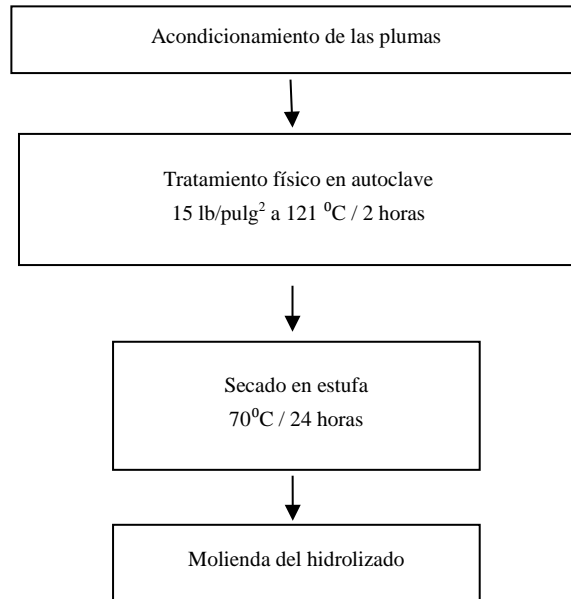


Figura 1. Esquema tecnológico para la elaboración de harina de hidrolizado de plumas.

Descripción metodológica

Se procedió a acondicionar las plumas, provenientes de una agroindustria avícola, separándolas y distribuyéndolas uniformemente en una lámina de papel de aluminio, para facilitar su posterior tratamiento físico dentro del autoclave, donde se sometieron a 15 lb/pulg² de presión y una temperatura de 121 °C durante 2 horas, posteriormente se secaron en estufa a 70°C durante 24 horas y se procedió a moler en una licuadora doméstica para obtener así la Harina de Hidrolizado de plumas (HHP) experimental.

2) Análisis proximal de la harina de hidrolizado de plumas experimental

A la Harina de Hidrolizado de Plumasp se le determinó el contenido de proteína por el método de Kjeldahl; humedad por secado en estufa a 100°C hasta peso constante, grasa por extracción con solvente por el método de Soxhlet, cenizas por incineración en mufla a 550°C y Extractos no nitrogenados (ENN) por sustracción de los demás componentes en 100g de muestra, de acuerdo a lo establecido por la (AOAC, 1999). Los equipos y reactivos necesarios para dichas determinaciones fueron facilitados por el laboratorio de Química Inorgánica y Bioquímica de UNESUR donde se llevaron a cabo.

RESULTADOS

La tabla 1, muestra los resultados del análisis proximal de la harina de hidrolizado de plumas experimental y los reportados por (Contreras y Méndez, 2009) en una harina de hidrolizado de plumas comercial.

Tabla 1. Análisis proximal (g /100 g) de la harina de hidrolizado de plumas (HHP) obtenida experimentalmente y una harina de hidrolizado de plumas comercial.

Materia Prima	Humedad	Proteína	Lípidos	Cenizas	Extractos no Nitrogenados
HHP Experimental	6,38 ± 0,32	87,56 ± 0,63	0,65 ± 0,10	1,96 ± 0,006	3,45 ± 1,04
HHP Comercial	5,02 ± 0,29	77,45 ± 0,90	9,58 ± 0,14	3,75 ± 0,13	4,20 ± 0,98

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

De acuerdo con los resultados del análisis proximal reflejados en la Tabla 1, se puede apreciar que el porcentaje de humedad de la Harina de Hidrolizado de plumas experimental, así como la comercial, cumplen con la Norma (COVENIN, 1728-81), la cual establece que la humedad en harinas de plumas hidrolizadas no debe superar el 8%, mientras que la grasa cruda debe estar entre 2-5 %. En este sentido, la HHP comercial supera el máximo permitido en el contenido de grasa, mientras que la HHP experimental presentó un menor valor ($0,65 \pm 0,10$), similar a lo obtenido por Alzamora *et al.* 2018; Tortosa 2016; y referencia del FEDNA 2012, cumpliendo con la norma establecida.

El porcentaje de proteína de la HHP experimental (87,56 % PC), fue superior a la HHP comercial ($77,45 \pm 0,90$), este valor está acorde a lo establecido por COVENIN, que especifica como requisito mínimo para harina de plumas hidrolizadas, 80% de proteína, lo que indica que la HHP experimental es una buena fuente de este nutriente, resultados similares fueron obtenidos por otros investigadores (Florida y Reategui, 2019; Alzamora *et al.* 2018; FEDNA 2012). Por otra parte, al comparar los requisitos exigidos para la harina de pescado, (COVENIN, 1482-79) establece un mínimo de 65% de proteína para la harina clase A; se puede apreciar que la HHP experimental supera este valor en más de un 20%. De acuerdo con estos valores de proteína, se infiere que la harina de hidrolizado de plumas experimental es una materia prima apta para la formulación de alimento para peces.

CONCLUSIONES

La harina de hidrolizado de plumas posee un alto valor proteico (>80%), comparable con

otras materias primas, tales como la harina de pescado, principal fuente de proteínas de las dietas para peces.

Con base en los resultados de la composición de la harina obtenida, se logró la formulación de dietas experimentales con sustitución de harina de pescado por HHP experimental para ser empleadas en la alimentación de alevines de tilapia roja.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro agradecimiento al personal del laboratorio de química inorgánica y bioquímica de la UNESUR que facilitaron las instalaciones y equipos para la fase experimental de este trabajo, de manera especial al Dr. Quilianio Contreras y la Dra. Ana González.

REFERENCIAS

- Alzamora, L. A., Mendoza, E.G., Monteza, T. D., Pastor, V. F. & Rosales, Q. F. (2018). Diseño del proceso productivo de harina a base de plumas de pollo en la empresa distribuidora avícola el galpón E.I.R.L. (tesis pregrado). Universidad de Piura-Perú.
- Association Official of analysis of Analytical Chemists. (AOAC). (1999). Official methods of analysis. 16th Edition, the Association. Washington D.C. U.S.A.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1981). Alimento para animales. Harina de plumas hidrolizadas. N°. 1728 - 81. Ministerio de Fomento. FONDONORMA. Caracas, Venezuela.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1979). Alimento para animales. Harina de pescado N°. 1482 - 79. Ministerio de Fomento. FONDONORMA. Caracas, Venezuela.
- Contreras, E., y Méndez, X. (2009). Evaluación de la harina de hidrolizado de pluma como sustituto de la harina de pescado en levante de alevines híbridos de (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado, Programa de Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago “Jesús María Semprum”, Santa Bárbara de Zulía, Venezuela.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura, cumplir los objetivos del desarrollo sostenible. Roma, Italia.
- Florida, R. N. & Reategui D. F. (2019). Compost a base de plumas de pollos (*Gallus domesticus*). Livestock Research for Rural Development. 31(1), #11. <http://www.lrrd.org/lrrd31/1/nelin31011.html>.
- IFFO (International Fishmeal and Fish Oil Organisation). (2017). The Marine Ingredients Organisation. <http://www.iffonet.net>.
- Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal-FEDNA. (2012). Harina de plumas hidrolizada. 27 de marzo de 2019 [en línea]. http://www.fundacionfedna.org/ingredientes_para_piensos/harina-de-plumashidrolizada-actualizada-nov-2012.
- Toledo, P. (2012). El desafío de la proteína para la acuicultura. *Infopesca Internacional*, N° 49, (Enero-Marzo, 2012).
- Tortosa, G. (2016). Materiales para compostar: Las plumas. Compostando Ciencia Lab, Blog Noticias 25 enero 2016. [en línea]. Recuperado de <http://www.compostandociencia.com/2016/01/materiales-para-compostar-las-plumas/>.

SERS directo para la detección de fenol en aguas empleadas en acuicultura

Anxo Carreira-Casais¹, Verónica Montes-García¹, Jorge Pérez-Juste¹, Isabel Pastoriza-Santos¹,
Jesús Simal-Gándara²

¹Departamento de Química-Física, Centro de Investigaciones Biomédicas de Galicia (CINBIO), Universidad de Vigo, Vigo, España | ²Grupo de Nutrición y Bromatología, Departamento de Química Analítica y Alimentaria, Facultad de Ciencias, Universidad de Vigo, Vigo, España.

✉ jsimal@uvigo.es

RESUMEN

El fenol y sus derivados son contaminantes ampliamente dispersos en la naturaleza. Los métodos de detección más comunes incluyen métodos cromatográficos y colorimétricos. Típicamente, estos métodos incluyen procesos complejos y reactivos costosos. La detección de fenol en aguas empleadas en acuicultura es importante debido a que la presencia de fenol tiene efectos nocivos en la vida acuática y también tiene un efecto bioacumulativo en la cadena alimentaria. Nosotros proponemos un método de detección de fenoles para la detección múltiple de fenoles en aguas empleadas en acuicultura. Este método está basado en la espectroscopía Raman aumentada en superficie (SERS). El método propuesto consigue detectar, mediante SERS, el producto resultante de la reacción en medio básico entre el fenol o los derivados del fenol con el reactivo de Gibbs 2,6-dichloroquinone-4-chloroimide (dbqc), en medio básico para dar un indofenolato coloreado con un espectro SERS característico. Este método tiene la ventaja de que permite distinguir entre el fenol y otros derivados del fenol, analizando los espectros resultantes empleando un tratamiento de los datos muy sencillo mediante Análisis de Componentes Principales (PCA), el método nos permite detectar el fenol en muestra de agua en un rango entre 0,25 μM y 5 μM .

Palabras clave: contaminación, espectroscopía, derivados de fenol, calidad de agua

INTRODUCCIÓN

Los fenoles son un gran grupo de compuestos producidos principalmente por la industria petroquímica, aunque pueden aparecer de forma natural en la naturaleza. Constituyen un gran riesgo medioambiental cuando alcanzan los ecosistemas por ello la Agencia de Protección de los Estados Unidos (EPA) incluye algunos de ellos en la Lista Prioritaria de Contaminantes (Marley *et al.*, 1983). El fenol puede producir efectos agudos y efectos a corto plazo, entre las principales patologías que puede causar se encuentran: el cáncer, enfermedades de riñón, anemia y problemas mentales los cuáles han sido históricamente reportados en humanos debido a una exposición continua (Hairuddin *et al.*, 2019). Por todo esto, es necesario considerar la posible contaminación de las aguas empleadas en acuicultura por parte de aguas residuales u otras

posibles fuentes de contaminación. La citada contaminación puede producir efectos desastrosos en la producción y también problemas en la salud pública, por ello es importante contaminar la presencia del fenol y algunos de sus derivados en agua.

Históricamente, la determinación de fenol empleaba un método colorimétrico resultante de la reacción entre un fenol y un reactivo llamado 4-aminoantipyrine. Existe un método standard para la detección de fenoles en muestras de agua que recurre a la reacción con la citada 4-aminoantipyrine, este método es llamado ASTM Method D-1783-70 (Katsaounos, *et al.*, 2003). Es necesario considerar la posible contaminación del agua empleada en acuicultura por parte de aguas residuales u otras fuentes de contaminación. De este modo, proponemos un método simple para la determinación de fenol en agua. Este método se puede emplear tanto en agua dulce como en agua salada.

El método propuesto en este trabajo está basado en la espectroscopía Raman aumentada en superficie (SERS). Esta técnica es un método muy potente basado en la espectroscopía Raman, el espectro Raman es amplificado en ella empleando un sustrato SERS que en este caso nos ayuda a obtener un mejor límite de detección (Bonifacio *et al.*, 2015). Empleando este método, es posible realizarse una detección colorimétrica clásica empleando el reactivo de Gibbs 2,6-dichloroquinone-4-chloroimide (dbqc) y el fenol, formando un compuesto verde coloreado, este producto tiene una banda de absorción muy similar en todos los fenoles por lo cual no es sencillo distinguirlos de forma directa, empleando espectroscopía UV-VIS. Por ello, SERS es el método perfecto, debido a que nos permite medir el espectro SERS, el cuál es característico y diferente para cada uno de los productos de la reacción y a la vez cuantificar los diferentes tipos de derivados del fenol.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

El fenol 99% fue comprado a Sigma-Aldrich, 2,6-dichloroquinone-4-chloroimide (dbqc) 97 % fue adquirido a Sigma-Aldrich, se empleó agua Milli-Q en todos los procesos de síntesis de nanopartículas.

Los sustratos SERS fueron hechos de forma casera usando el método de deposición *layer by layer* de nanoesferas de oro de 60 nm las cuáles fueron sintetizadas siguiendo el método descrito por Bastús *et al.*, (2011).

La caracterización de las nanopartículas fue llevada a cabo usando un microscopio de transmisión de electrones (TEM), Jeol Jem, 1010.

Los espectros UV-VIS fueron medidos empleando un espectrofotómetro Agilent 8543 y los espectros SERS fueron adquiridos con un equipo InVia Reflex de Renishaw.

Métodos

Fabricación de los sustratos SERS. Siguiendo lo descrito por Bastús *et al.*, (2011) se sintetizaron nanoesferas de 60 nm. Estas nanoesferas fueron depositadas en sustratos de vidrio empleando la deposición por la metodología *layer by layer*, la cual emplea polielectrolitos con cargas positivas y negativas para atraer a las nanoesferas de oro. De este modo se obtuvieron unos sustratos SERS que permitieron obtener una gran mejora de la señal (Fig. 1).

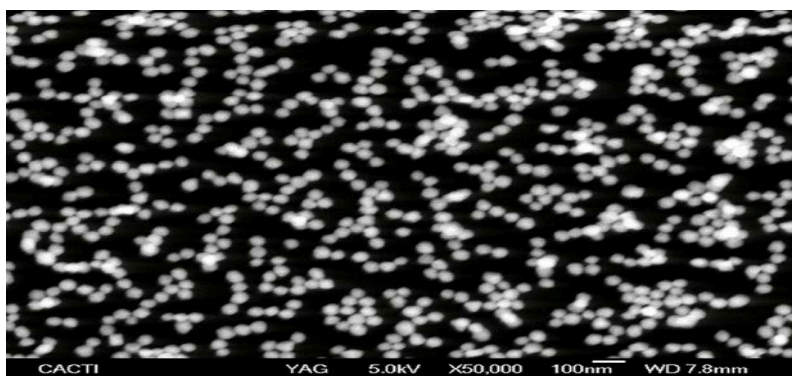


Figura 1. Imagen TEM de los sustratos SERS.

El experimento está basado en la reacción en medio básico entre un fenol y el reactivo de Gibbs para formar un indofenolato. Este indofenolato (Fig. 2) es un compuesto coloreado de verde con una banda de absorción característica alrededor de 600 nm. La concentración de reactivo de Gibbs empleada para realizar el experimento fue siempre de 50 μM .

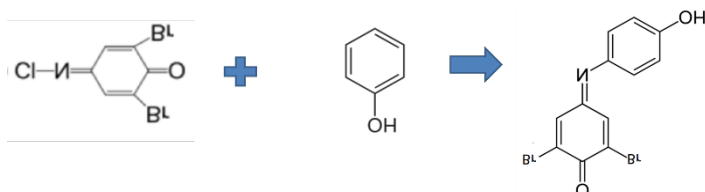


Figura 2. Reacción entre el fenol y el reactivo de Gibbs en medio básico para formar un indofenolato.

Los indofenolatos resultantes tienen una banda de absorción alrededor de 600 nm y no es posible distinguir entre los formados por el fenol y los conformados por sus derivados, por esta razón y como se dijo anteriormente, se empleó el método SERS la principal ventaja es que el

espectro SER tiene unos picos que permiten diferenciar perfectamente entre los diferentes productos de la reacción. Para todas las mediciones se empleó una línea láser de 633 nm debido a las posibilidades de actuar bajo condiciones de resonancia debido a que los indofenolatos tienen una banda de absorción sobre 600 nm. Se realizaron mediciones de diversas concentraciones de fenol con el fin de obtener una recta de calibrado, se midieron los espectros del fenol y dos derivados del mismo 1-naphthol y ortho-cresol, a la misma concentración, con el fin de demostrar que se puede distinguir entre ellos y se realizaron mezclas binarias de fenol y ortho-cresol para demostrar que posible realizar una detección semicuantitativa en mezclas binarias.

Datos

Los espectros obtenidos fueron estadísticamente analizados empleando el software R, se empleó análisis de componentes principales (PCA) para poder cuantificar y distinguir entre los fenoles. Todos los datos representados en los gráficos son la media de al menos 20 puntos de mediada. El calibrado de los espectros SERS se realizó empleando un modelo de regresión Hill-Langmuir.

RESULTADOS

El método que se propone es capaz de diferenciar y cuantificar la cantidad de fenol en una muestra de agua, el método tradicional, empleando sólo el método colorimétrico sin acoplar a ningún método de extracción o diferenciación permite cuantificar una muestra pura de un solo contaminante con una buena regresión lineal, sin embargo, no permite distinguir varios contaminantes en una muestra real (Figs. 3A y 3B).

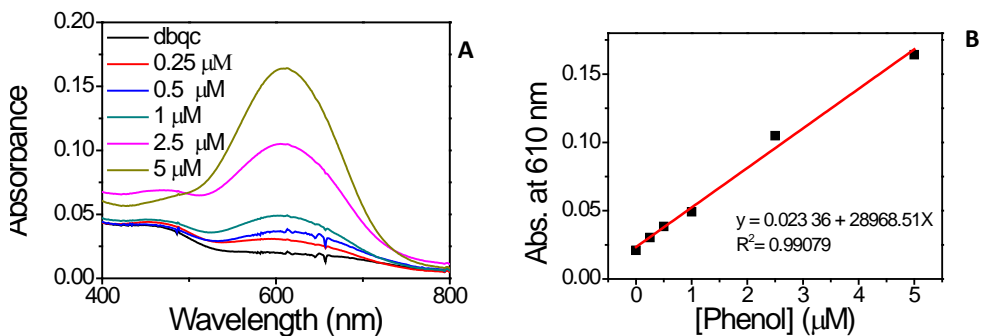


Figura 3. (A) Espectro UV-VIS del producto resultante de la reacción entre el fenol y el DBQC en un rango entre 0,25 μM y 5 μM. (B) Dependencia lineal para el fenol para la absorbancia a 610 nm para el fenol.

De otro modo, el método que se propone permite distinguir perfectamente entre diferentes fenoles y cuantificar de una forma bastante exacta la cantidad de fenol presente en la muestra (Figura 4A y 4B).

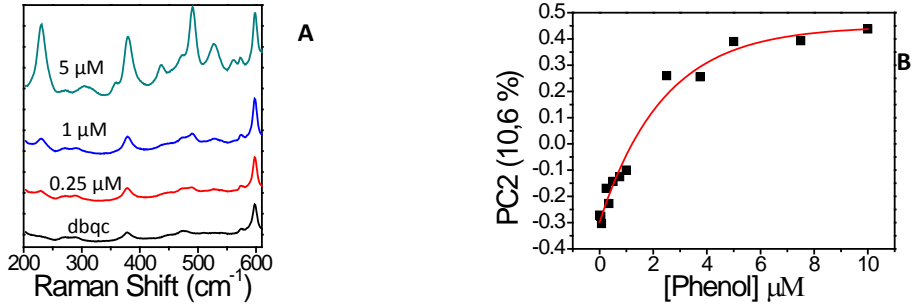


Figure 4. (A). Media resultante de 20 medidas de espectro SERS del producto en un rango entre 0,25 μM y 5 μM y el blanco. (B) Ajuste Hill-Langmuir fitting realizado con la media de 20 puntos de diferentes concentraciones.

Cuando se probó la detección del fenol también se realizó la detección de otros derivados del fenol, para intentar demostrar que es posible realizar una detección múltiple, los productos de la reacción entre el reactivo y el 1-naphtol y el ortho-cresol se encuentran en la figura de abajo. Para demostrar que estos mismos espectros se distinguen de forma clara se realizó el análisis de los datos por PCA, esta poderosa técnica estadística permite establecer diferencias entre los espectros valorando la diferencia entre ratios de picos. (Figura 5A y 5B).

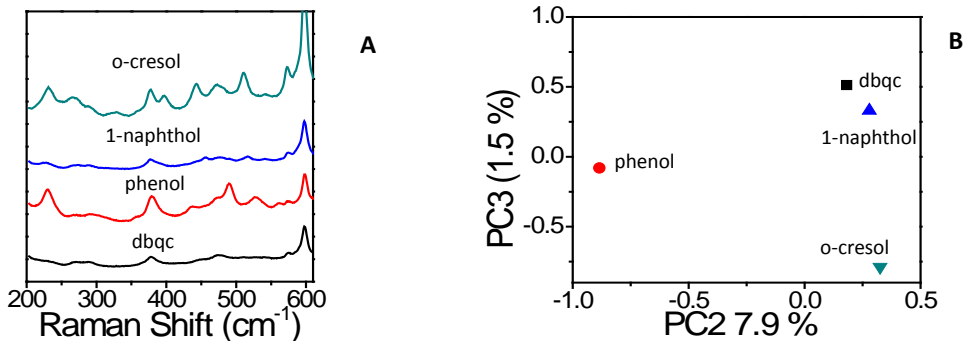


Figure 5. (A) Resultado de la media de 20 espectros del fenol, sus dos derivados y el blanco (B). Representación de los valores resultantes del análisis por componentes principales que evidencia la posibilidad de distinguir entre los diferentes espectros, empleando medias de 20 espectros.

Para finalizar el experimento se probó la detección semicuantitativa del fenol y sus derivados, empleando mezclas binarias. En este caso se demostró la posibilidad de cuantificar la cantidad de fenol y ortho-cresol en una mezcla binaria usando este método y analizando los datos mediante PCA (Figura 6A y 6B).

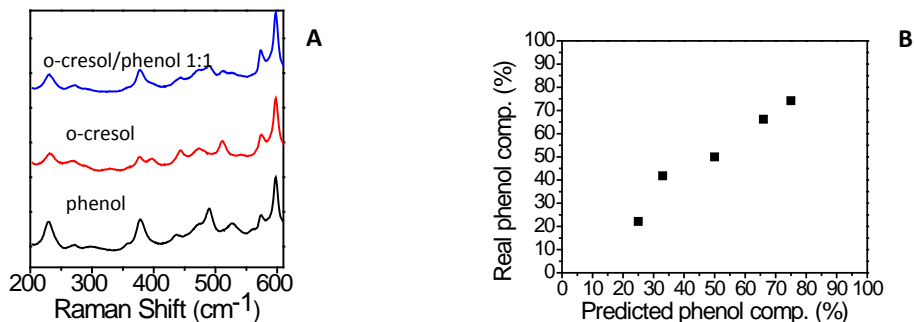


Figure 6. (A). Representación del espectro promedio del fenol, el ortho-cresol y una mezcla binaria de ortho-cresol y fenol 1:1. (B) Representación del valor obtenido y el valor real de fenol en una determinación de una muestra binaria de fenol y ortho-cresol.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Como conclusión, es posible decir que el método propuesto es muy sencillo y reproducible y podría ser un método útil para la detección rápida de fenol en agua. Es bien sabido que la detección mediante SERS funciona realmente bien en una matriz acuosa (Dong *et al.*, 2015). El límite de detección obtenido no es mejor que el reportado en la bibliografía, pero es suficiente para realizar un método preliminar de detección por aguas residuales en aguas dulces o marinas empleadas en acuicultura.

De este modo, se puede decir que es posible detectar fenol en una muestra de agua en un rango entre 0,25 μM y 5 μM siendo posible de diferenciar de otros fenoles y cuantificar al menos hasta en el caso de mezclas binarias.

AGRADECIMIENTOS

Anxo Carreira-Casais agradece al MINECO por su beca predoctoral FPU.

REFERENCIAS

- Bastús, N., Comenge, J., Puentes, V. (2011) Kinetically Controlled Seeded Growth Synthesis of Citrate-Stabilized Gold Nanoparticles of up to 200 nm: Size Focusing versus Ostwald Ripening. *Langmuir*, 27:11098-11105.
- Bonifacio, A., Cervo, S., Sergo, V. (2015) Label-free-surface-enhanced Raman spectroscopy of biofluids: fundamental aspects and diagnostic applications. *Anal Bioanal Chem*, 407:8265-8277.
- Hairuddin, M., Mubarak, N., Khalid, M., Adullah, E., Walvekar, R., Karri, R. (2019) *Env Sci Poll Res* (online).
- Katsaounos, E., Paleologos, D., Giokas, D., Karayannis, M., (2003) *Intern. J. Environ. Anal. Chem.* 83(6):507-514.
- Marley, N., Mann, C., Vickers, T., (1984) App Spect Determination of Phenols in Water Using Raman Spectroscopy, 38(4):40-543.

Optimización del efecto combinado de la temperatura y la concentración inicial de azúcar en el comportamiento cinético del crecimiento de *Saccharomyces fibuligera* y en la producción de biomasa, pared celular y fracciones de la misma, en medios de cultivos de aguas residuales del cultivo del mejillón

Cecilia Jiménez-López^{1,2}, A.G. Pereira^{1,2}, P. García-Oliveira¹, C. Lourenço-Lopes¹, M. Carpena¹, M. Fraga^{1,2}, J.A. Vázquez³, M.A. Prieto¹, J. Simal-Gandara¹

¹Grupo de Nutrición y Bromatología, Facultad de Ciencias y, Tecnología Universidad de Vigo, Campus de Ourense, E32004 Ourense, Spain. | ²Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal. | ³Grupo de Reciclado y Valorización de Materiales Residuales (REVAL), Instituto de Investigaciones Marinas (IIM-CSIC), Vigo-36208, Spain.

✉ jsimal@uvigo.es; mprieto@uvigo.es

RESUMEN

Numerosas evidencias empíricas han demostrado que los oligosacáridos y los β -glucanos son agentes antitumorales e inmunomoduladores. Una de las principales fuentes de estos compuestos biológicos activos son las paredes celulares microbianas (PC). En las últimas dos décadas se han utilizado diferentes cepas de levaduras como sustratos para la producción de estos compuestos bioactivos. Gran parte de la información se centra en la producción de biomasa (B). Por el contrario, hay poca información disponible en relación al engrosamiento de PC durante el crecimiento de las células, así como de las cinéticas y las condiciones que lo maximizan. Los estudios preliminares sugirieron que la temperatura, el pH y las concentraciones iniciales de sustratos alteran la producción de PC/B. Comprender el efecto conjunto de estas variables sobre el crecimiento y la producción de pared celular es crucial y, hasta donde sabemos, no se ha estudiado. Hemos elegido la cepa de levadura *Sacharomyces fibuliger*, hasta la fecha la mayor productora de PC/B reportada, para estudiar los efectos de dichas variables en la respuesta. Además, el medio de cultivo utilizado para cultivar dicha cepa se obtiene de las aguas residuales de mejillones (ERM), lo que supone una doble ventaja, ya que reduce el gasto del cultivo de la cepa, a la vez que se da una utilidad a las aguas residuales. Para encontrar las mejores interacciones posibles entre las variables, se utilizó la metodología de superficie de respuesta (RSM) para predecir las condiciones experimentales que maximizan la producción de PC/B. La temperatura (T) y la concentración inicial de azúcar (S) fueron las únicas variables relevantes y se encontró un óptimo claro a 28°C y 25,6 g/L, respectivamente. Bajo tales condiciones, la producción esperada de PC/B fue de 0,635 g/g.

Palabras clave: *Sacharomyces fibuligera*, producción de pared celular, compuestos bioactivos, optimización, metodología de respuesta de superficie.

INTRODUCCIÓN

España es el principal país productor de mejillones en Europa, produciendo la mitad del volumen total europeo y siendo el tercer productor mundial (después de Chile y China). Esto se debe al gran desarrollo que sufrió la acuicultura, extendida por todo el país, especialmente en el noroeste (Rodríguez *et al.* 2017). Es por ello, que las industrias producen gran cantidad de efluentes residuales, ricos en compuestos orgánicos, liberándolos en las aguas costeras. El uso de estos efluentes residuales de mejillones (ERM) como medios de cultivo y crecimiento microbiano es una forma *eco-friendly* de darle uso a los grandes volúmenes de estos efluentes que se producen, a la vez que favorecen la producción por parte de los microorganismos de compuestos de interés como ácido cítrico, amilasas y otras enzimas, ácido hialurónico, β -glucanos, mannoproteínas etc. (Prieto *et al.* 2011). Muchos de estos compuestos se encuentran en la pared celular (PC), y son capaces de producir bioactividades como antimicrobiana, antitumoral o inmunomoduladora (Jiménez *et al.* 2016). Por lo tanto, un proceso de optimización del crecimiento y maximización de las PCs y de la biomasa (B) es de gran importancia.

Desafortunadamente, estudiar el crecimiento de las levaduras más comunes en estos medios sería abrumador, por lo que en el presente estudio se seleccionó la cepa *Sacharomyces fibuliger*, conocida por su alta producción de PC y B, para determinar los valores óptimos de las variables relevantes, temperatura (T) y concentración inicial de azúcar (S) del medio de cultivo (ERM), que maximicen los resultados. Para ello, se utilizó la Metodología de Respuesta de Superficie (RSM) como herramienta estadística y analítica (Prieto *et al.*, 2016, Jiménez *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos analíticos básicos

- Los sólidos secos se realizaron siguiendo los procedimientos comunes reportados por (Mortensen *et al.*, 1986).
- Los azúcar totales, utilizando el método fenol-sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956) con glucosa:manosa (0.6:0.4).
- Los azúcares reductores, por el método del ácido dinitrosalicílico (DNS) según (Bernfeld, 1951) con glucosa:manosa (0.6:0.4).
- Las proteínas, con el método desarrollado por (Lorry *et al.*, 1951).

Métodos microbiológicos

Medios de cultivo de aguas residuales del mejillón

Composición química de los ERM, proporcionados por Marcelino S.A. (Galicia, Spain): 7 g/L glicógeno, 0.10 g/L azúcares reductores, 3.5 g/L proteínas y 1.6 g/L nitrógeno total. No se observaron sedimentos, y el pH inicial era 7.2. Los ERM se centrifugaron tras una acidificación (5N HCl hasta alcanzar pH 4.5) para precipitar las proteínas, y se concentró el glicógeno hasta 40 g/L (concentración de azúcares totales) mediante ultrafiltración con una membrana de 100 kDa (González *et al.* 1992, Murado *et al.*, 1993). A partir de ese valor, se realizaron diluciones para lograr las concentraciones experimentales necesarias Tabla 1. Se autoclavaron durante 60 min y, finalmente, el pH se llevó a un valor de 6.0.

Tabla 1. Valores codificados y naturales de las variables independientes envueltas en el estudio.

CODED VALUES	NATURAL VALUES	
	T (°C)	S (g/L)
A: FULL FACTORIAL DESIGN CODIFICATION VALUES		
-1	22	17.5
0	26	25
+1	30	32.5
B: CENTRAL COMPOSITE DESIGN CODIFICATION VALUES		
-1.41	20.35	14.4
-1	22	17.5
0	26	25
+1	30	32.5
+1.41	31.65	35.6

Inoculación de levaduras

La especie microbiana elegida fue la cepa *Saccharomyces fibuligera*. Los inóculos (células vegetativas) se incubaron en agar inclinado de malta a 30 ° C durante 48-96 h. Usando un análisis de espectrofotómetro calibrado a 700 nm, se prepararon suspensiones en agua estéril, en las que un volumen de 1 ml proporcionó una población inicial de 5x10⁴ células/ml en 50 ml de medio de malta.

Condiciones de crecimiento celular

Se realizaron crecimientos microbianos en matraces Erlenmeyer de 250 ml con agitación orbital a 200 rpm. En los momentos apropiados, el medio de cultivo y la B se separaron por centrifugación (4000 G/30 min). El sobrenadante se usó para el análisis de la composición

básica (proteínas, azúcares totales y reductores, nitrógeno) y el sedimento de B se lavó dos veces con agua destilada, se liofilizó y se almacenó a -18°C .

Purificación y extracción de la PC

Procesos representados en la (Fig. 1) según lo descrito previamente por (Pietro *et al.*, 2015). Todas las fracciones se trataron como sigue: 1) diálisis con una membrana de corte de 12 kDa usando ~ 50 L de agua destilada; 2) liofilización; 3) secado sobre KOH a $50^{\circ}\text{C}/24$ h, análisis gravimétrico y molienda; 4) determinación de componentes principales (proteínas, azúcares totales y reductores) como se describió previamente

Extracción de la PC

Se utilizó el método de (Prieto *et al.*, 2011 y Kasahara *et al.*, 1994), basado en la autólisis de las células inducido por autoclave, separando la PC mediante centrifugación.

Purificación del material de la PC en fracciones aisladas

- a) Tratamiento alcalino: se realizó a una concentración de 10 g/L, con KOH 1M en un ambiente nitrogenado durante 24 h con agitación magnética suave. La suspensión se centrifugó y el sedimento se volvió a extraer dos veces consecutivas durante 2 h en las mismas condiciones. Los sobrenadantes se tomaron como la fracción soluble en álcali (AS), y los sedimentos como la fracción insoluble en álcali (AI). La T del proceso fue 30°C . AS estaba compuesto principalmente de glucanos solubles, mananos, proteínas y lípidos; y AI compuesto de glucanos insolubles y quitina. Los β -glucanos son la mayoría de los compuestos que conforman la fracción AI. Su estructura está formada por polisacáridos de enlaces $\beta(1\rightarrow3)$ principalmente y algunos enlaces $\beta(1\rightarrow6)$.
- b) Tratamiento ácido: se realizó a una concentración de 20 g/L, con ácido acético 1M a 90°C durante 90 min con agitación magnética. El sedimento y el sobrenadante se separaron como en el punto anterior y el proceso se repitió dos veces. Los sobrenadantes recogidos se consideran la fracción soluble en ácido insoluble en álcali (AIAS) y el sedimento como la insoluble en ácido insoluble en álcali (AIAI). La fracción AIAI contiene principalmente polisacáridos de glucosa con enlaces $\beta(1\rightarrow3)$. AIAS está formado principalmente por polisacáridos de glucosa con enlaces $\beta(1\rightarrow6)$ y $\beta(1\rightarrow3)$.
- c) Tratamiento por pH y precipitación con alcohol: se realizó agregando HCl (50% p/v) a la fracción AS hasta que el pH alcanzó un valor de 4.5. La mayor parte del contenido de proteína se pudo eliminar fácilmente por centrifugación. La fracción de sedimento se denomina ASpH y el sobrenadante se usa en el siguiente paso.

d) Tratamiento por precipitación con alcohol: el sobrenadante anterior se trató con dos volúmenes de etanol seguido de centrifugación. El sobrenadante desechado y la fracción de sedimento se denominan ASET. En el material restante, las estructuras de glicoproteína fueron aisladas.

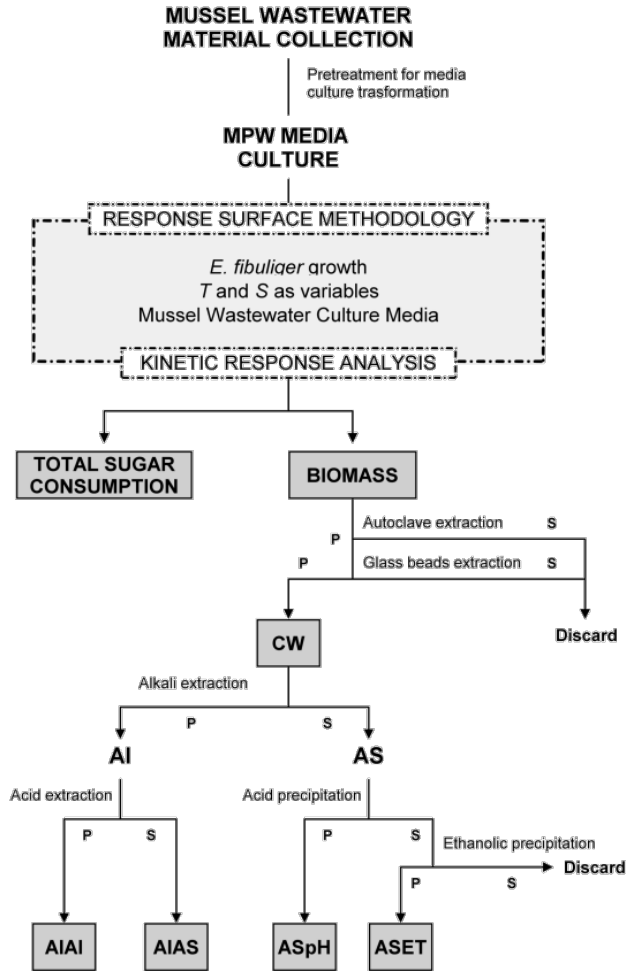


Figura 1. Esquema general de la metodología usada en el estudio. Las cajas sombreadas representan las fracciones utilizadas para evaluar análisis por RSM.

Modelado de B, producción de fracciones de PC y de PC y consumo total de azúcar por *Sacharomyces fibuligera*

Los perfiles sigmoides de *Sacharomyces fibuligera* se llevaron a cabo ajustando los valores de la producción de B, fracciones de la PC y de la PC, y el consumo total de azúcar a la ecuación de crecimiento logístico (Verhulst, 1845, Vázquez *et al.*, 2011):

$$b(t) = \frac{K}{1 + \exp(c - \mu_m \cdot t)} ; \quad c = \ln \left[\left(\frac{K}{b_0} \right) - 1 \right] \quad [1]$$

Donde b es la B (g/L), con b_0 y K como valores asintóticos inicial y máximo, respectivamente, t es el tiempo (h), y μ_m la tasa de crecimiento máximo específico (h^{-1}). Otros valores de interés definidos en la ecuación [1] fueron el ratio máximo de crecimiento (v_m , in $\text{gL}^{-1}\text{h}^{-1}$) y la fase de retraso (λ , in h), como se muestra:

$$v_m = \frac{K \cdot \mu_m}{4}$$

$$\lambda = \frac{c - 2}{\mu_m}$$

En todos los casos, los parámetros se obtuvieron reparametrizando la ecuación [1] para probar los valores de significación de su intervalo de confianza ($\alpha=0.05$). Los parámetros K , μ_m , v_m y λ obtenidos modelando las producciones de B, PC y fracciones de la PC, y el consumo total de azúcar se usaron como respuestas para alimentar el diseño experimental bajo una RSM.

Metodología de Respuesta de Superficie

Los diseños RSM se utilizan para modelar y analizar problemas en los que una respuesta de interés está influenciada por varias variables. El RSM se usó para optimizar la producción de B, PC y fracciones de la PC con el propósito de encontrar las condiciones que maximizaran la eficiencia. Las pruebas iniciales se llevaron a cabo para seleccionar las variables apropiadas y para determinar su dominio experimental para un diseño RSM apropiado. De los experimentos preliminares se seleccionó el rango de variables y descrito en (Tabla 1).

Diseño experimental

Dos estructuras de diseño experimental diferentes propuestas por (Box GEP *et al.*, 1959), donde se utilizaron: (i) *Un diseño factorial completo* en el que se estudian todas las combinaciones de tres valores para cada factor (mínimo, medio y máximo); y (ii) *Un diseño compuesto central* en el que los puntos experimentales se generan en una esfera alrededor del punto central (5 niveles de cada factor). Se supone que el punto central está cerca de la posición óptima para la respuesta y se repite para maximizar la precisión de la predicción (Box GEP *et al.* 2005). Para ambos

diseños, las condiciones de las variables independientes estudiadas se muestran en la Tabla 1. que resume el procedimiento de codificación de variables y las condiciones experimentales utilizadas.

Modelo matemático

El efecto combinado de la T y S en la producción de rendimiento de PC/B por *Saccharomyces fibuligera* se estudió utilizando un diseño rotativo de segundo orden con cinco réplicas en el centro del dominio experimental. Las condiciones de las variables independientes y los valores de las variables de codificación estudiadas se resumen en la Tabla 1. El RSM se ajustó mediante el cálculo de mínimos cuadrados utilizando la siguiente ecuación de diseño general de Box-Behnken (Pinela *et al.*, 2016):

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i X_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{\substack{j=2 \\ j>i}}^n b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} X_i^2$$

Donde b_0 es el coeficiente constante, b_i es el coeficiente de efecto lineal, b_{ij} es el coeficiente del efecto de la interacción, b_{ii} los coeficientes de efecto cuadrático y n es el número de variables y X_i y X_j definen las variables independientes T y S.

Métodos numéricos para modelar las curvas de producción de B y PC

Todos los procedimientos de ajuste, las estimaciones de coeficientes y los cálculos estadísticos se realizaron con una hoja de cálculo de Microsoft Excel. La adaptación y el análisis estadístico de los resultados experimentales, según las ecuaciones propuestas, se llevaron a cabo en cuatro fases:

- *Determinación de los coeficientes*: las estimaciones paramétricas se obtuvieron mediante la minimización de la suma de las diferencias cuadráticas entre los valores obtenidos y los predichos por el modelo, utilizando el método no lineal de mínimos cuadrados (quasi-Newton) proporcionado por el macro *Solver* en Microsoft Excel 2003 (Kemmer *et al.*, 2010), que permite el análisis rápido de una hipótesis y de sus consecuencias (Murado *et al.*, 2013).

- *Significancia de los coeficientes*: la determinación de los intervalos de confianza de los parámetros se realizó mediante '*SolverAid*' (Prikler, 2009). El modelo fue simplificado, desechando los términos que no fueron estadísticamente significativos para el valor de p ($p > 0,05$).

- *Consistencia del modelo*: el test F de Fisher ($\alpha=0,05$) se usó para determinar la adecuación de los modelos construidos para los datos obtenidos (Heleno *et al.*, 2016).

- *Otros criterios de evaluación estadística*: Para volver a verificar la uniformidad del modelo, se aplicaron los siguientes criterios: i) Se utilizó la macro 'SolverStat' (Comuzzi *et al.* 2003) para la evaluación de las incertidumbres de predicción de parámetros y modelos; ii) El R^2 se interpretó como la proporción de versatilidad de cada variable dependiente explicada por el modelo; iii) El coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}) fue una corrección de R^2 , teniendo en cuenta el número de variables utilizadas en el modelo.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

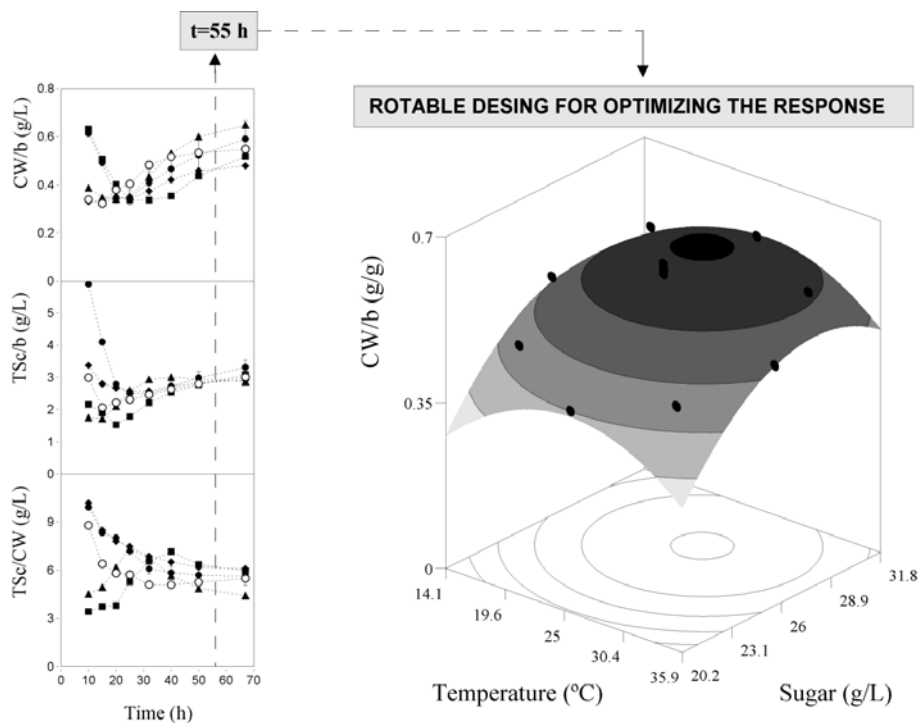


Figura 2. A la izquierda se encuentran las relaciones cinéticas entre la B y la producción de PC con el azúcar total consumido (CW/B, TSc/B y TSc/CW). A la derecha, la respuesta tridimensional teórica predicha.

La T y la S fueron las únicas variables relevantes, y se encontró un claro punto óptimo a 28°C y 25,6 g/L, respectivamente. Bajo tales condiciones, la producción esperada de PC/B fue de 0.635 g/g. El alto valor del coeficiente de determinación ajustado ($R^2_{adj}=0.986$) y la

diferencia no significativa ($p > 0.05$) entre los valores predichos y experimentales demostraron la validez del modelo de optimización propuesto.

AGRADECIMIENTOS

A AlgaMar por la donación del material, en este caso, algas (www.algamar.com). To AlgaMar for the algae material provided (www.algamar.com). Al MICINN por el soporte financiero mediante una Ramón&Cajal del Investigador M.A. Prieto. A la Universidad de Vigo por el financiamiento de las investigadoras pre-doctorales A.G. Pereira y C. Jiménez López. Los autores también están agradecidos a Interreg España-Portugal a por el apoyo financiero del Proyecto0377_Iberphenol_6_E.

REFERENCIAS

- Bernfeld P. (1951). Enzymes of starch degradation and synthesis. *Adv Enzymol.* 2:379–427.
- Bohn JA, BeMiller JN. (1995). (1→3)- β -D-Glucans as biological response modifiers: a review of structure-functional activity relationships. *Carbohydr Polym.*
- Box GEP, Hunter JS. (1957). Multi-factor experimental designs for exploring response surfaces. *Ann Math Stat.* 28(1):195–241.
- Box GEP, Hunter JS, G. Hunter W, Hunter WG. (2005). *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery.* John Wiley & Sons, Inc. 2005. 1–633 p.
- Comuzzi C, Polese P, Melchior A, Portanova R, Tolazzi M. (2003). SOLVERSTAT: a new utility for multipurpose analysis. An application to the investigation of dioxygenated Co (II) complex formation in dimethylsulfoxide solution. *Talanta.* 59(1):67–80.
- Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem.* 28(3):350–6.
- González MP, Siso MIG, Murado M, Pastrana L, Montemayor MI, Mirón J. (1992). Depuration and valuation of mussel-processing wastes. Characterization of amylolytic postincubates from different species grown on an effluent. *Bioresour Technol.* 42(2):133–140.
- Heleno SA, Diz P, Prieto MA, Barros L, Rodrigues A, Barreiro MF, (2016). Optimization of

ultrasound-assisted extraction to obtain mycosterols from *Agaricus bisporus* L. by response surface methodology and comparison with conventional Soxhlet extraction. *Food Chem.*

Jiménez C, Caleja C, Prieto MA, Filomena M, Barros L, Ferreira ICFR (2018). Optimization and comparison of heat and ultrasound assisted extraction techniques to obtain anthocyanin compounds from *Arbutus unedo* L. *Fruits. Food Chem* [Internet]. 2018; 264(May):81–91. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.103>

Kasahara S, Yamada H, Mio T, Shiratori Y, Miyamoto C, Yabe T, (1994). Cloning of the *Saccharomyces cerevisiae* gene whose overexpression overcomes the effects of HM-1 killer toxin, which inhibits β -glucan synthesis. *J. Bacteriol.* 176(5):1488–99.

Kemmer G, Keller S. (2010). Nonlinear least-squares data fitting in Excel spreadsheets. *NatProtocols.* 5(2):267–81.

Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RJ. (1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol Chem.*193(1):265–75.

Mortensen AB, Wallin H, Appelqvist LA, Everitt G, Gref CG, Jacobsen J, (1989) Gravimetric determination of ash in foods: NMKL collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem.*72(3):481–3.

Murado MA, Siso MIG, González MP, Montemayor MI, Pastrana L, Pintado J. (1993) Characterization of microbial biomasses and amyolytic preparations obtained from mussel processing waste treatment. *Bioresour Technol.* 43(2):117–125.

Murado MA, Prieto MA. (2013). Dose-Response Analysis in the Joint Action of Two Effectors. A New Approach to Simulation, Identification and Modelling of Some Basic *Interactions.* *PLoS One.* 8(4):e61391.

Pinela J, Prieto MA, Barreiro MF, Carvalho AM, Oliveira MBPP, Vázquez JA, (2016). Optimization of microwave-assisted extraction of hydrophilic and lipophilic antioxidants from a surplus tomato crop by response surface methodology. *Food Bioprod Process.*

Pinela J, Prieto MA, Carvalho AM, Barreiro MF, Oliveira MBPP, Barros L, (2016) Microwave assisted extraction of phenolic acids and flavonoids and production of antioxidant ingredients from tomato: A nutraceutical-oriented optimization study. *Sep Purif Technol.* 2016;

- Prieto M.A., Prieto I, Vázquez JA, Ferreira ICFR (2015). An environmental management industrial solution for the treatment and reuse of mussel wastewaters. *Sci Total Environ.* 538:117–28.
- Prieto MA, Vázquez JA, Murado MA. (2011). Hydrolysis optimization of mannan, curdlan and cell walls from *Endomyces fibuliger* grown in mussel processing wastewaters. *Process Biochem.* 46(8):1579–88.
- Prikler S. (2009). Advanced Excel for scientific data analysis. 2nd ed. Robert de Levie Ed.
- Rodríguez-Rodríguez G, Bande Ramudo R. (2017) Market driven management of climate change impacts in the Spanish mussel sector. *Mar Policy.* 2017
- Vázquez JA, Nogueira M, Duran A, Prieto MA, Rodriguez-Amado I, Rial D, (2011). Preparation of marine silage of swordfish, ray and shark visceral waste by lactic acid bacteria. *J. Food Eng.* 103(4):442–8.
- Verhulst P. (1845). Recherches mathématiques sur la loi d'accroissement de la population. *Nouv mémoires l'Academie R des Sci B-lett Bruxelles.* 18:1–41.

Absorción de fósforo en *Penaeus vannamei* (Penaeidae-Boone, 1931) mediante el uso de tres dietas artificiales

Marjorie Idrovo-Vishuete¹, Fernando Isea León², Vanessa Acosta de Matheus³, Rodolfo Panta-Vélez⁴, Juan Vélez-Chica², Roberto Retamales-González¹

¹Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Escuela de Acuicultura y Pesquería. Grupo de investigación: Biología y cultivo de equinodermos. | ²Sanidad acuícola, inocuidad y salud ambiental. | ³Biodiversidad y ecología de sistemas acuáticos. | ⁴Biología y cultivo de moluscos.

✉: midrovo@utm.edu.ec

RESUMEN

Se evaluaron los valores de fósforo total asimilados en el músculo de los juveniles de *Penaeus vannamei* y la pérdida del mismo en el agua y las heces, empleando 3 dietas comerciales con diferentes concentraciones de proteínas. Las mediciones se realizaron a través de espectroscopia de absorción y reflectancia (Método MLAQ 11 A.O.A.C. 965.17.) para determinar las concentraciones de fósforo total (FT) y fosfato (FOSF) al inicio y al final del experimento. Aunque no existió diferencia significativa entre los tratamientos, el alimento de 22% de proteína, aportó niveles de fósforo adecuado para su absorción por el camarón ($0,68 \pm 0,07$ mg/L FT y 1,55 mg/L FOSF), resultados que se sustentan por la menor pérdida de fosforo en el agua del efluente y en las heces de los organismos.

Palabras clave: proteína, absorción, fósforo, camarón.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se entiende que el objetivo primordial de la acuicultura, es la producción de organismos acuáticos bajo condiciones controladas o semicontroladas, y optimizar el crecimiento de los mismos en granjas de cultivo donde se utiliza alimento balanceado y fertilizantes, factores que sin tener control afectan la calidad del agua (Cho *et al.* 1994; Boyd y Tucker 1998).

En la producción camaronera, la alimentación artificial suministra todos los requerimientos nutricionales, macronutrientes y micronutrientes, necesarios para el desarrollo óptimo de los animales cultivados (Espinoza, 2003). En este sentido, el calcio, potasio y sodio, pueden ser obtenidos del medio acuático, mientras que el fósforo, constituye un elemento esencial, pero limitante, que solo se incorpora a través de la dieta.

Un estado nutritivo en equilibrio se da cuando el organismo tiene suficiente entrada de todos los nutrientes necesarios para un crecimiento a largo plazo y mantenimiento. Los nutrientes son sustancias que tienen la función de proporcionar energía metabólica, utilizada para el crecimiento, reparar los tejidos y producción de gametos. Los minerales y las vitaminas, también son importantes en ciertos procesos metabólicos, calcio y fosforo, por ejemplo, intervienen en la síntesis del exoesqueleto, los cuales pueden ser fijados en el cuerpo del animal mediante el suministro del alimento balanceado. En este sentido, se ha observado que los requerimientos de calcio, potasio y sodio pueden ser satisfechos por absorción del agua, mientras que el fosforo es necesario agregarlo en la dieta (Latham, 2002). Para el desarrollo óptimo de los camarones, se requiere de compuestos químicos vitales obtenidos del alimento, el cual se transforma una parte en energía y otra parte para la formación de biomasa, siendo el final de la digestión la formación de las heces fecales (Martínez, 1999).

La concentración de fósforo asimilado de alimentos balanceados con distintas concentraciones proteicas en *P. vannamei* es un tema poco estudiado. Por lo tanto, este estudio, determinará los valores de fósforo total asimilados por el camarón blanco *P. vannamei* en condiciones de cultivo semi-intensivo.

METODOLOGÍA

Esta investigación fue realizada en el Laboratorio de cultivo de crustáceos, de la Escuela de Acuicultura y Pesquería (EAP) de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Técnica de Manabí (UTM). Para ello se emplearon 1200 juveniles con un peso promedio de 1,91 g, distribuidos en grupos de 20 organismos por tanque, con una densidad de 1,17 juv/L por tratamiento. Se utilizaron 5 tanques de 70 L/tratamiento (réplicas) con un volumen operacional de 40 L, suministrando el 3% de la biomasa de un alimento artificial con diferentes porcentajes de proteínas y niveles de fósforo (Fig. 1). El tiempo del experimento fue de 60 días.

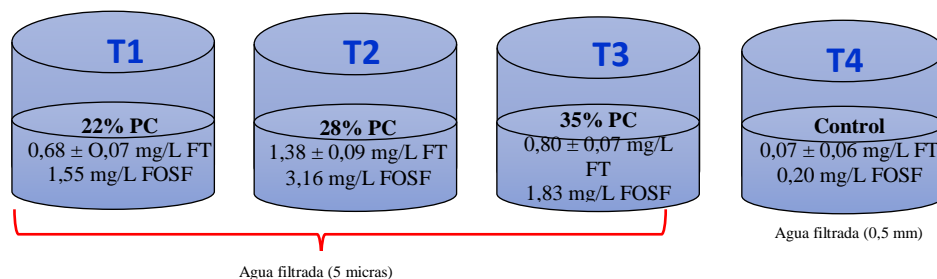


Figura 1. Descripción de los tratamientos empleados en el estudio. T1 = Tratamiento 1 con 22% proteína cruda; T2 = Tratamiento con 28% proteína cruda; T3 = Tratamiento 3 con 35% proteína cruda; T4 = Tratamiento control. FT = Fósforo total, FOSF = Fosfato.

Diariamente en cada tanque se realizó un recambio de agua de un 50%, en donde se efectuó la remoción de heces fecales y del alimento balanceado no consumido, empleando un sifón (manguera y colector de 100 μ m). Cada muestra por separado se etiquetó e inmediatamente fue congelada para su posterior análisis.

La determinación del fósforo en el músculo se efectuó por espectroscopia de absorción y de reflectancia. Para el análisis químico del agua, alimento sobrante y heces se utilizó el método 8048 de fósforo reactivo para agua, agua de desecho y agua de mar, o método de Phos Ver 3 (ácido ascórbico) (Ortofosfato), adaptado del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, procedimiento equivalente a USEPA Method 365.2 and Standard Method 4500-P-E for wastewater, empleando para ello el espectrofotómetro Hach, modelo Dr 2000, este análisis se efectuó según lo presentado en la Fig. 2.



Figura 2. Determinación de fósforo en músculo, agua del efluente y del alimento sobrante.

Los resultados se analizaron empleando el software estadístico MINITAB 16, mediante el análisis de varianza (ANOVA UNIDIRECCIONAL), y el Test de Comparaciones de medias de Tukey con un nivel de confianza del 95%, que se aplicó para establecer si existían diferencias significativas entre los diversos tratamientos, entre afluentes y efluentes, en el alimento, en las heces y en el tejido de los juveniles en cuanto a las concentraciones de la variable estudiada, porque nos sirvió para analizar la variación total de los resultados del diseño experimental, descomponiéndolo en fuentes de variación independientes, además para identificar la importancia de los diferentes tratamientos en estudio y determinar cómo interactuaron entre sí.

Para los parámetros abióticos se aplicó estadística descriptiva, y las variables evaluadas durante el experimento fueron: Concentración de fósforo perdido en el agua de deshecho, en el alimento no consumido y en las heces. Cantidad de fósforo fijado en el músculo de los camarones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar que no existió diferencia significativa entre tratamientos ($p > 0,05$), se observó que los organismos del tratamiento T1 tienden a asimilar la mayor concentración de fósforo total y fosfato (Tabla 1). El alimento de 22% de proteína contiene la proporción de fósforo adecuada para su absorción, mejorando su biodisponibilidad y favoreciendo su eficiencia alimenticia tal como lo establece Peña-Florida (1999).

Tabla 1. Concentraciones promedio +/- desviación estándar de fósforo total y fosfato en músculo de camarón al inicio y final del experimento en los diferentes tratamientos.

Parámetros	Tratamiento								
	T1 (22% PC)		T2 (28% PC)		T3 (PC 35%)		T4 (CONTROL)		
	FT (%)	FOSF (%)	FT (%)	FOSF (%)	FT (%)	FOSF (%)	FT (%)	FOSF (%)	
Músculo de camarón inicial día 0	0,18 ± 0,01	0,41 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,41 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,41 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,41 ± 0,02	
Músculo de camarón final día 60	0,23^a	0,53^a	0,14 ^a	0,32 ^a	0,14 ^a	0,33 ^a	0,21 ^a	0,48 ^a	
FT = Fósforo Total				FOSF = Fosfato					

Los datos son presentados con valor promedio ± desviación estándar, letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA, Contraste de Medias de Tukey, test de Shapiro Wilk y test de Levene; $p < 0,05$)

El tratamiento T2 reportó los valores máximos en fósforo total y fosfato en el agua de recambio (efluente) de $0,96 \pm 0,42$ y $3,08 \pm 1,40$ mg/L, respectivamente correspondientes al tratamiento del 28% de PC (tabla 2). Las concentraciones mínimas de fósforo total fueron de $0,50 \pm 0,06$ mg/L y de fosfato $1,42 \pm 0,64$ mg/L procedentes del T4. Del mismo modo, las mayores concentraciones de fosforo total (5.64) y fosfatos (5.64) en heces fue detectado para el tratamiento con 28% PC.

Tabla 2. Concentraciones promedio +/- desviación estándar de fósforo total y fosfato en el agua del afluente, del efluente y en las heces en los diferentes tratamientos.

Parámetros	Tratamientos							
	T1 (22% PC)		T2 (28% PC)		T3 (35% PC)		T4 (Control)	
	FT (mg/L)	FOSF (mg/L)	FT (mg/L)	FOSF (mg/L)	FT (mg/L)	FOSF (mg/L)	FT (mg/L)	FOSF (mg/L)
Afluente	0,07 ± 0,06	0,20 ± 0,19	0,07 ± 0,06	0,20 ± 0,19	0,07 ± 0,06	0,20 ± 0,19	0,07 ± 0,06	0,20 ± 0,19
Efluente	0,86 ± 0,48 ^{ab}	2,65 ± 1,45 ^{ab}	0,96 ± 0,42^a	3,08 ± 1,40^a	0,96 ± 0,10 ^a	3,00 ± 1,73 ^a	0,50 ± 0,17 ^b	1,42 ± 0,64 ^b
Heces	4,99 ± 0,15	4,99 ± 0,45 ^b	5,64 ± 0,13	5,64 ± 0,40^a	5,05 ± 0,14	5,05 ± 0,52 ^b	2,21 ± 0,10	2,21 ± 0,31 ^c

FT = Fósforo Total

FOSF = Fosfato

Los datos son presentados con valor promedio ± desviación estándar, letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos (ANOVA, Contraste de Medias de Tukey, test de Shapiro Wilk y test de Levene; $p < 0,05$)

CONCLUSIÓN

La dieta de 22% de proteína cruda, con $0,68 \pm 0,07$ mg/L fósforo total (FT) y 1,55 mg/L fosfato (FOSF), mostró mejores resultados de fijación de fósforo en el músculo en los juveniles de camarón; así mismo, se observó menores pérdidas de FT y FOSF en el agua del efluente y en las heces de los organismos.

AGRADECIMIENTOS

A la Lcda. Patricia Aguilar Román, Ingenieras (o) Paola García Delgado, Verónica Zambrano, Adolfo Dávila y a la Escuela de Acuicultura y Pesquería, Sede Sucre - UTM por su colaboración en el desarrollo de este estudio.

REFERENCIAS

Boyd C.E. y C.S. Tucker. 1998. Pond Aquaculture Water Quality Management. Kluwert Academic Publishers, Boston, EE.UU.

- Espinoza, M. (2003). Manual de nutrición y alimentación de camarones Peneidos. Centro de Investigaciones de Ecosistemas Acuáticos (CIDE-UCA). http://repositorio.uca.edu.ni/2275/1/2003_manual_de_nutrici%C3%B3n_y_alimentaci%C3%B3n.pdf
- Cho C., J. Hynes, K. Wood, y H. Yoshida. 1994. Development of high-nutrient dense, low-pollution diets and prediction of aquaculture wastes using biological approaches. *Aquaculture* 124:293-305.
- Latham, C. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29. Disponible en <http://www.fao.org/3/w0073s/w0073s1z.htm#TopOfPage>
- Martínez, C.L.R. 1999. Cultivo de camarones peneidos: Principios y prácticas. Edit. Editor. 283 p.
- Peña-Florida, V. (1999). Interaction Between Dietary Levels of Calcium and Phosphorus on Growth of Juvenile Shrimp, *Penaeus monodon*. *Aquaculture* 172:281 – 289.

Selección asistida por marcadores (MAS, “*Marker-assisted selection*”) en el mejoramiento genético de peces

María Verónica Taipe-Taipe¹, Janeth Jácome-Gómez¹, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta^{1,2}, Anayansi Albert-Rodríguez^{1,3}, Janeth Intriago¹, Myriam Zambrano-Mendoza¹, Javier Salcán¹, Juan Pablo Tobar¹, Sandro Cornejo¹ y Ramón Horacio Zambrano-Aveiga¹

¹Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión en El Carmen, Manabí, Ecuador. | ²Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. | ³Universidad de Santi Espíritu, Cuba.

✉: veritott@hotmail.com

RESUMEN

El propósito del mejoramiento genético debe ser definido para cada especie y para cada población. En general, todas las características de importancia económica deberían estar incluidas en el objetivo del mejoramiento. El mejoramiento genético asistido por marcadores constituye una solución factible al problema. El objetivo de esta revisión fue conocer el estado del arte de los genes relacionados con caracteres de interés productivo, que permiten la selección asistida por marcadores (MAS, “*Marker-assisted selection*”) en el mejoramiento genético de peces. Se realizó una investigación de tipo documental en la cual se siguió una revisión del estado del arte a través de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos de diferente índole. Se enfatizó la revisión en tres tipos de genes, los de resistencia a enfermedades, los determinantes del sexo y los de las hormonas del crecimiento y por último el análisis de ADN por microsatélite, todo esto con el fin de identificar los factores genéticos asociados a caracteres de interés productivo, de esta manera es más fácil seleccionar animales para mejorar la productividad y el bienestar animal. En conclusión, la selección asistida por marcadores tiene alto potencial en los programas de mejora reduciendo los intervalos entre generaciones al seleccionar los individuos en fases muy tempranas del desarrollo.

Palabras clave: microsatélites, tecnología genética, bienestar animal.

INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento genético han permitido aumentar el retorno económico de las explotaciones agropecuarias. El propósito del mejoramiento debe ser definido para cada especie y para cada población. En general, todas las características de importancia económica deberían estar incluidas en el objetivo del mejoramiento. Por esto, se incluyen caracteres relacionados con el crecimiento corporal, color y textura de la carne, determinación del sexo, así como también la resistencia genética a enfermedades virales y bacterianas (Gjedrem, 2000, Martínez *et al.*, 2009).

Considerando que estos caracteres (crecimiento corporal, color, textura de la carne, determinación del sexo y resistencia genética a enfermedades virales y bacterianas) son de gran relevancia para la industria acuícola, resulta imperativo desarrollar nuevas estrategias orientadas a incrementar la producción sustentable.

El mejoramiento genético asistido por marcadores constituye una solución factible al problema (Stear *et al.*, 2001, FAO, 2009, Álvarez, 2011, Martínez, 2012, Arruabarrena *et al.*, 2015, Feest, 2015). En la actualidad se llevan a cabo diversos proyectos de investigación que utilizan herramientas de genética cuantitativa, molecular y genómica funcional para identificar los factores genéticos asociados a caracteres de interés productivo, de esta manera es más fácil seleccionar animales para mejorar la productividad y el bienestar animal (López *et al.*, 2003, Yáñez y Martínez, 2010).

Desde principios de los 90 se están desarrollando programas de selección utilizando marcadores moleculares. La mejora con marcadores está en estado embrionario, debido a la complejidad de su desarrollo, por las necesidades de espacio y el costo. Sin embargo, la respuesta favorable a la selección y la creciente competitividad en este campo de la producción, están determinando una demanda cada vez mayor de la tecnología genética desde las empresas del sector. Los grandes avances en la generación y utilización de marcadores moleculares, métodos automatizados de secuenciación y las nuevas técnicas disponibles para el análisis de la información transcriptómica, han contribuido a la identificación QTL y genes asociados a caracteres complejos en diversas especies (Yáñez y Martínez, 2010, Anil *et al.*, 2016, Wooten *et al.*, 2018, Wu *et al.*, 2019).

La gran ventaja de los microsatélites es su alto grado de polimorfismo, además, su análisis está basado en la amplificación del ADN mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), de modo que se realiza de forma rápida, a bajo costo y la cantidad de ADN necesario es mínima (González, 2003, Phillips *et al.*, 2009, Díaz-Ferguson *et al.*, 2012). Por otra parte, los

SNPs pueden estar presente tanto en regiones codificantes como no codificantes, generalmente, son bialélicos, se distribuyen uniformemente en el genoma y son más abundantes que los microsatélites (Pérez-Enciso y Toro, 2009, Yáñez y Martínez, 2010, Rodríguez, 2017). En la actualidad se ha diseñado un oligo-microarray para la identificación de genes candidatos relacionados con caracteres productivos (Beaz-Hidalgo *et al.*, 2012; Martínez, 2012; Sáez, 2015).

El objetivo de esta revisión fue conocer el estado del arte de los genes relacionados con caracteres de interés productivo, que permiten la selección asistida por marcadores (MAS, “*Marker-assisted selection*”) en el mejoramiento genético de peces.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una investigación de tipo documental en la cual se siguió una revisión del estado del arte a través de la lectura crítica de documentos y materiales bibliográficos de diferente índole. En este artículo se revisó el estado actual de la utilización de marcadores en programas de selección genética en el cultivo de los peces. Los datos presentados están contextualizados en el marco general del estado de la investigación en acuicultura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Gen de resistencia a enfermedades

Complejo mayor de histocompatibilidad (MHC)

El complejo mayor de histocompatibilidad (MHC) es un componente central del sistema inmune de los vertebrados. Los genes codifican glucoproteínas de la superficie celular que son responsables del reconocimiento y la presentación de antígenos a las células T. Algunos de estos genes se encuentran entre las regiones más polimórficas de los genomas de vertebrados (Klein, 1986).

Es una familia multigénica que actúa en la interfase entre el sistema inmune y las enfermedades infecciosas. La familia de genes MHC comprende dos subfamilias: Genes clase I y clase II. En estudios realizados en salmón y trucha (Fig. 1), se encontró un fuerte sesgo en el tipo de pruebas aplicadas, con la gran mayoría indicando los resultados solo para la relación de prueba estándar *dn/ds*. Sin embargo, un buen número de esos estudios (n= 22) no evaluó estadísticamente una desviación significativa de la expectativa neutral, lo que limita su utilidad para inferir rigurosamente el posible efecto de la selección en la diversidad de MHC (Bernatchez y Landry, 2003).

Una de las vías más interesantes de investigación sobre MHC será dilucidar cómo las condiciones ambientales específicas y la combinación genotípica interactúan para determinar los niveles de expresión del gen MHC, y documentar las consecuencias de tales interacciones en la elección de pareja y la aptitud individual resultante (Bernatchez y Landry, 2003).

Algunos de los patrones genéticos observados en el locus MHC no fueron diferentes de los observados en los loci no MHC, lo que indicó que los efectos de la selección de equilibrio no interfieren en los de la deriva genética y la migración. No se encontraron evidencias de una selección equilibrada al contrastar la variación espacial y temporal del polimorfismo genético estimado en el MHC y los cinco loci no MHC o al realizar pruebas de neutralidad (Charbonnel y Pemberton, 2005). Sin embargo, estas pruebas podrán no ser apropiadas en el caso de una selección fluctuante ya que se basaron en el supuesto de que las poblaciones evaluadas estaban en equilibrio e históricamente han sido de tamaño constante (Garrigan y Hedrick, 2003).

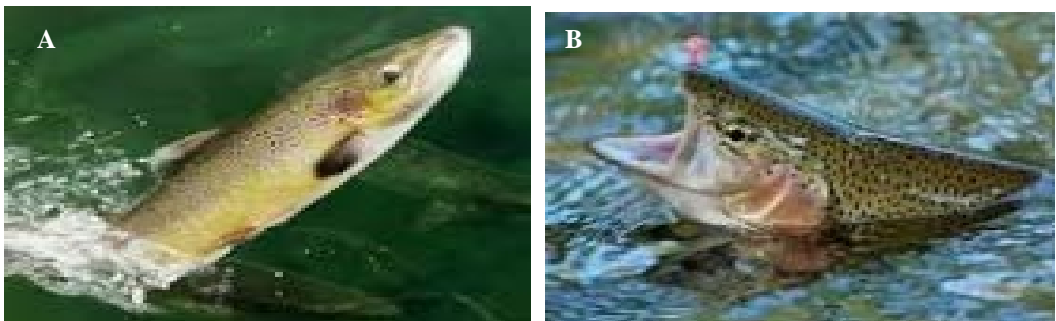


Figura 1. Salmón (A) y Trucha (B) modificados genéticamente para resistencia a enfermedades.

Indicando, además Charbonnel y Pemberton (2005) que las pruebas tuvieron baja potencia y dificultaron la inferencia sobre la selección. En segundo lugar, la diferenciación genética espacial estimada en los tres intervalos entre 1988 y 1995 fue similar en los loci MHC y en los no-MHC. Dicha ausencia de indicadores para equilibrar la selección ha sido observada en varios otros estudios de poblaciones de mamíferos (Bernatchez y Landry, 2003, Seddon y Ellegren, 2004). Sin embargo, otras partes de los resultados de Charbonnel y Pemberton (2005) han dado cierta credibilidad a las hipótesis de equilibrar la selección y la fluctuación ambiental en la presión selectiva.

Gen determinante del sexo

Gen maestro determinante del sexo (Sex Determining Gene: *SDg*)

La determinación del sexo es el proceso genético o ambiental por el cual el sexo (género, hombre o mujer) de un individuo se establece en una simple decisión de destino binario. Los vertebrados gonocoristas tienen dos tipos principales de mecanismos de determinación del sexo, que producen la relación sexual: (1) determinación genotípica del sexo (*GSD*), donde el sexo se determina en la concepción y se esperan diferencias genéticas entre los sexos; (2) la determinación ambiental del sexo (*ESD*), donde no hay diferencias genéticas consistentes entre sexos y sexo, se determina después de la fertilización (Bull, 1983; Valenzuela *et al.*, 2003; Sarre *et al.*, 2004; Valenzuela, 2008).

Según Bull (1983), la diferenciación sexual es el proceso por el cual "los diversos mecanismos moleculares, genéticos y fisiológicos producen un hombre o una mujer a partir de un cigoto de un entorno agitado por genotipos y padres sin pecado". El resultado es el sexo gonadal o fenotípico. Juntos, la determinación y diferenciación del sexo finalmente resultan en gónadas desarrolladas.

Penman y Piferrer (2008) han señalado que los RAPD (ADN polimórfico amplificado al azar), AFLP (polimorfismo de longitud de fragmento amplificado) e ISSR (repeticiones de secuencias inter-simples) se han utilizado técnicas de perfil/huella digital para buscar marcadores específicos de sexo en peces. Sin embargo, la simple detección de peces machos y hembras tomados al azar de especies con un sistema de determinación del sexo desconocido o mal caracterizado tiene una probabilidad relativamente baja de éxito (especies de esturiones), lo que podría deberse al tamaño del genoma, el número de marcadores examinados, y la proporción del genoma (si existe) que es específico del sexo en las especies estudiadas (Fig. 2). Incluso entre las especies gonocorísticas con *GSD* monofactorial, es probable que, en la mayoría de los casos, solo una proporción muy pequeña del genoma sea específica del sexo o esté estrechamente vinculada al sexo, y la recombinación cambiará las relaciones de fase entre los genes y los alelos determinantes del sexo de marcadores vinculados.



Figura 2. Rodaballo que presenta el gen maestro determinante del sexo.

El análisis segregante masivo (*BSA*; agrupación separada de ADN de hombres y mujeres) aplicado dentro de las familias probablemente sea más útil para detectar marcadores ligados al sexo, así como marcadores específicos del sexo. Una alternativa a los grupos de cribado de hombres y mujeres de hermanos completos normales, que solo pueden detectar secuencias específicas de uno de los dos cromosomas sexuales en los sistemas XX/XY o WZ/ZZ (secuencias en el cromosoma Y en el caso de XX y los grupos XY, o secuencias en el cromosoma W en el caso de los grupos WZ y ZZ), es usar androgénesis o ginegénesis mitótica para generar ambos tipos de progenie homogamética de un solo padre heterogamético (XX e YY de un padre XY), para que se puedan detectar marcadores específicos de ambos cromosomas sexuales. La agrupación de varios individuos de cada sexo debería igualar la distribución de marcadores autosómicos entre las agrupaciones.

Penman y Piferrer (2008) determinaron que el gen del sexo estaría localizado a 1,3 Mb del marcador *SmaUSC30*. Incluso en ausencia de cromosomas sexuales diferenciados morfológicamente, es evidente que muchas especies de peces se encuentran en las primeras etapas de diferenciación cromosómica sexual, y que muchas más especies tienen sistemas de determinación del sexo claramente definidos, aparentemente monofactoriales (XX/XY o WZ/ZZ) que también son susceptibles a la identificación de marcadores ligados al sexo y, en última instancia, genes determinantes del sexo.

Parece probable que las especies con determinación del sexo monofactorial y cierto grado de diferenciación cromosómica sexual demuestren ser más susceptibles al aislamiento de marcadores específicos del sexo, mientras que las secuencias repetidas de ADN involucradas en la diferenciación cromosómica sexual pueden ser un obstáculo para aislar la determinación sexual. Por lo tanto, puede ser más fácil aislar genes determinantes del sexo de especies con determinación del sexo monofactorial pero sin cromosomas sexuales diferenciados. Es probable que los genes que determinan el sexo en los peces sean diversos y brinden información sobre la gama de genes que pueden desempeñar este importante papel.

Gen de la hormona del crecimiento

Vélez *et al.* (2013) caracterizaron los patrones de proliferación y diferenciación celular del cultivo primario de miocitos de dorada y corroboraron la capacidad de los aminoácidos (AA) y el control endocrino del factor de crecimiento tipo insulina (IGF-I) de modular la actividad de dos moléculas clave en la transducción celular, como son *mTOR* y *AKT*, implicadas en la inducción de la síntesis proteica en el músculo. Los resultados encontrados indicaron que el tratamiento con AA e IGF-I, separados o en combinación, modificaron la expresión de importantes factores relacionados con la proliferación (*PCNA*) o la diferenciación celular (*Myogenina*), confirmando su función en la estimulación del crecimiento muscular (Fig. 3). Concluyendo que el estado nutricional (AA) y hormonal (IGF-I) ejerce un importante papel

regulador en el desarrollo muscular de la dorada, y el conocimiento de sus vías de señalización puede ser utilizado para la optimización del crecimiento y la calidad de esta especie.

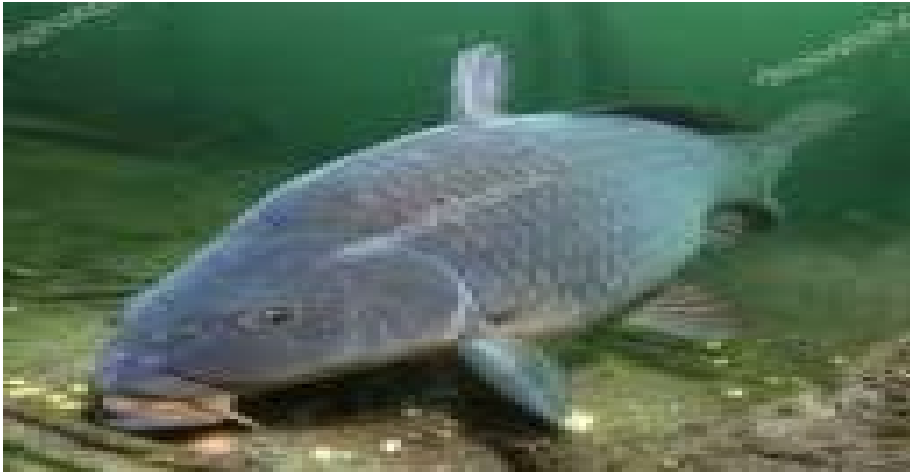


Figura 3. Carpa que presenta sobrecrecimiento debido a la presencia del gen de la hormona del crecimiento.

Análisis de ADN por microsatélite

Wu *et al.* (2019) después de la activación con esperma y cromosoma Koi (Fig. 5A) tratados con UV que se duplicaron con choque frío, los óvulos maduros de BTF₄ (Fig. 5B) se convirtieron en individuos ginogenéticos (GBTF₄, Fig. 5C) durante la temporada reproductiva en 2015-2017. No hubo diferencia obvia entre BTF₄ y GBTF₄ en la observación morfológica (Fig. 4).

La tasa de fertilización (85,52-94,71%) y la tasa de eclosión (3,51-7,34%) se determinaron para 6000 embriones de tres lotes de huevos durante el proceso de desarrollo. Indujeron ginogénesis en BTF₄ derivada del linaje específico de BSB × TC, integrando las tecnologías de hibridación y ginogénesis, y obtuvieron con éxito GBTF₄. Por otro lado, también investigaran cambios genómicos completos y metilación del ADN entre GBTF₄ y BTF₄.

Aunque los individuos de GBTF₄ se derivaron de individuos de BTF₄, exhibieron 12,28% de alteraciones genómicas, 30,01% de alteraciones del patrón de metilación y menos metilación en general que BTF₄. Además, el 0,03% de los fragmentos fueron rastreados hasta la introgresión de los espermatozoides irradiados con UV. Estos resultados enriquecieron el conocimiento con respecto a la combinación de hibridación y ginogénesis y las alteraciones genómicas y epigenéticas durante el proceso de ginogénesis en peces híbridos alodiploides, proporcionando nuevas ideas sobre la reproducción genética de peces.

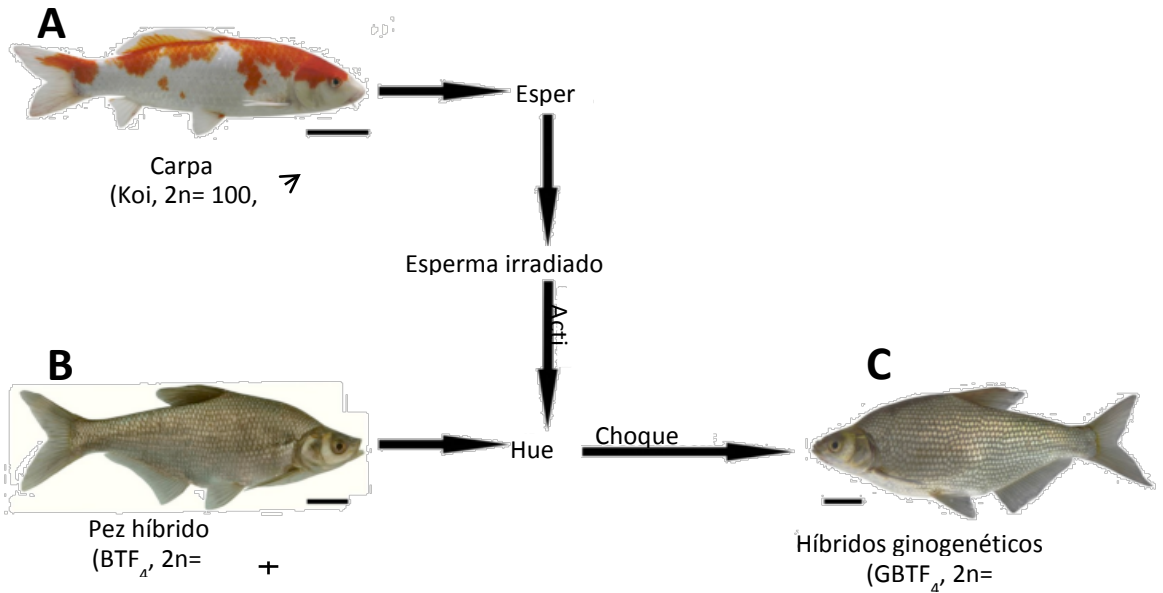


Figura 4. Procedimiento de producción de GBTF₄ y apariencias de BTF₄, Koi y GBTF₄. Barra= 3 cm. Modificado de Wu *et al.*, 2019.

CONCLUSIONES

La selección asistida por marcadores tiene alto potencial en los programas de mejora reduciendo los intervalos entre generaciones al seleccionar los individuos en fases muy tempranas del desarrollo. Incluso no es descabellado pensar que en breve se puedan seleccionar gametos, en lugar de individuos, para ser los “padres” de la siguiente generación.

REFERENCIAS

Álvarez Gil, M. (2011). La selección asistida por marcadores (MAS, “Marker-assisted selection”) en el mejoramiento genético del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*. 32(2):1-16.

- Anil, A., Gomelsky, B. and Schneider, K.J. (2016). Variability in microsatellite DNA markers in gynogenetic and backcross progenies obtained from ornamental (koi) carp (*Cyprinus carpio* L.) × goldfish (*Carassius auratus* L.) hybrid females. *Aquac. Res.* 47:1150-1155.
- Arruabarrena, A., González Arcos, M., Rubio, L. y Giménez, G. (2015). Selección asistida por marcadores en el mejoramiento genético de tomate. Biotecnología para el sector productivo. *Revista INIA.* 40:43-42.
- Beaz-Hidalgo, R., Romalde, J.L. y Figueras, M.J. (2012). Expresión génica en peces a causa de infecciones causadas por *Aeromonas* spp. *Revista AquaTIC.* 37:113-122.
- Bernatchez, L. y Landry, C. (2003). MHC studies in nonmodel vertebrates: what have we learned about natural selection in 15 years?. *J. Evol. Biol.* 16:363-377.
- Bull, J.J. (1983). Evolution of sex determining mechanisms. Menlo Park, C.A. Benjamín-Cummings.
- Charbonnel, N. y Pemberton, J. (2005). A long-term genetic survey of an ungulate population reveals balancing selection acting on MHC through spatial and temporal fluctuations in selection. *Heredity.* 95:377-388.
- Díaz-Ferguson, E., Cross, I., Barrios, M., Pino, A., Castro, J., Bouza, C., Martínez, P. y Rebordinos, L. (2012). Caracterización genética mediante microsatélites de *Solea senegalensis* (Soleidae, Pleuronectiformes) en poblaciones naturales de la costa atlántica del suroeste de la Península Ibérica. *Ciencias Marinas.* 38(1A):129-142.
- Feest F., P.A. (2015). Mejoramiento genético en salmónidos: Selección genómica de candidatos resistentes a *Caligus rogercresseyi*. Disponible en: <https://www.salmonexpert.cl/articulo/mejoramiento-genetico-en-salmonidos-seleccion-genomica-de-candidatos-resistentes-a-caligus-rogercresseyi/>. Fecha de consulta: octubre 2019.
- Garrigan, D. y Hedrick, P.W. (2003). Perspective: detecting adaptive molecular polymorphism: lessons from the MHC. *Evolution.* 57:1707-1722.
- Gjedrem, T. (2000). Genetic improvement of cold-water fish species. *Aquaculture Research.* 31:25-33.
- González, E.G. (2003). Microsatélites: Sus aplicaciones en la conservación de la biodiversidad. *Graellsia.* 59(2-3):377-388.

- Klein, J. (1986). *The Natural History of the Major Histocompatibility Complex*. John Wiley and Sons: New York, USA.
- López, M., Mallorquín, P. y Vega, M. (2003). Genómica de especies piscícolas. Informe de vigilancia tecnológica. Genoma España. Sector agroalimentario. Fundación española para el desarrollo de la investigación en genómica y proteómica. Fundación general de la Universidad Autónoma de Madrid. 104 p.
- Martínez, J.L., Fajardo, A., Garmendia, L., Hernández, Á., Linares, J.F., Martínez-Solano, L. and Sánchez, M.B. (2009). A global view of antibiotic resistance. *Federation of European Microbiological Societies*. 33:44-65.
- Martínez, P. (2012). Genómica y acuicultura: aplicaciones para la mejora de la producción de rodaballo. *AquaTIC*. 37:16-19.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2009). Desarrollo de la acuicultura. 3. Gestión de los recursos genéticos. FAO. Orientaciones técnicas para la pesca responsable. Roma. 5(Supl. 3). 148 p.
- Penman, D.J. and Piferrer, F. (2008). Fish gonadogenesis. Part I: Genetic and environmental mechanisms of sex determination. *Reviews in Fisheries Science*. 16(S1):16-34.
- Pérez-Enciso, M. y M.Á. Toro. (2009). Localización de genes y selección mediante marcadores moleculares. En: Martínez Portela, P. y Figueras Huerta, A. (Eds.). *Genética y genómica en acuicultura*. Madrid, España.
- Rodríguez Huanca, F. (2017). Identificación de marcadores SNP (polimorfismo de nucleótido único) asociados a la resistencia frente al virus de la necrosis pancreática infecciosa (IPN) en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143702>. Fecha de consulta: octubre 2019.
- Sáez Arteaga, A.F. (2015). Análisis transcriptómico y de microarrays para la identificación de genes biomarcadores de la utilización de los nutrientes de la dieta en músculo esquelético de dorada (*Sparus aurata*). Tesis para optar al grado de Doctor. Facultad de Farmacia, Universitat de Barcelona. 216 p.
- Sarre, S., Georges, A. and Quinn, A. (2004). The ends of a continuum: Genetic and temperature-dependent sex determination in reptiles. *Bioessays*. 26:639-645.

- Seddon, J.M. y Ellegren, H. (2004). A temporal analysis shows major histocompatibility complex loci in the Scandinavian wolf population are consistent with neutral evolution. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B.* 271:2283-2291.
- Stear, M.J., Eckersall, P.D., Graham, P.A., McKellar, Q.A., Mitchell, S. and Bishop, S.C. (2001). Fructosamine concentration and resistance to natural, predominantly *Teladorsagia circumcincta* infection. *Parasitology.* 123:211-218.
- Valenzuela, N. (2008). Sexual development and the evolution of sex determination. *Sex Dev.* 2:64-72.
- Valenzuela, N., D.C. Adams and F.J. Janzen. (2003). Pattern does not equal process: Exactly when is sex environmentally determined? *Am. Nat.* 161:676-683.
- Vélez, E.J., Lutfi, E., Capilla, E., Riera, M., Navarro, I. y Gutiérrez, J. (2013). Control hormonal y nutricional del crecimiento y desarrollo muscular en dorada (*Sparus aurata*) *AquaTIC.* 39:31-35.
- Wooten, J.A., Klooster, M.R., Brown, A.D., Bradford, P.R., Schwaner, T.D. and Sullivan, B.K. (2018). Characterization of eight microsatellite markers for use in studies of genetic diversity and hybridization in *Bufo microscaphus* and *Bufo woodhousii* (Anura: Bufonidae) in Arizona, USA. *J. Ariz. Nev. Acad. Sci.* 47:45-53.
- Wu, C., Zhu, S., Luo, L., Gong, D., Gong, K., Zhao, R., Zhang, C., Qin, Q., Tao, M., Liu, S., Chen, Q., Huang, X. and Hu, F. (2019). Genomic and epigenetic alterations in diploid gynogenetic hybrid fish *Aquaculture* 512 (2019) 734383. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734383>
- Yáñez, J.M. y Martínez, V. (2010). Factores genéticos que inciden en la resistencia a enfermedades infecciosas en salmónidos y su aplicación en programas de mejoramiento. *Arch. Med. Vet.* 42:1-13.

Producción de juveniles de pargo manchado *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en el parque marino del pacífico, Costa Rica

Jonathan Chacón-Guzmán^{1,2}, Milagro Carvajal-Oses^{1,2}, Ángel Herrera-Ulloa^{1,2}

¹Programa Parque Marino del Pacífico, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional (UNA), Heredia Costa Rica. |

²Programa de Investigación y Desarrollo en Acuicultura y Biotecnología Marina, Parque Marino del Pacífico (PMP), Puntarenas, Costa Rica.

✉ jonathan.chacon.guzman@una.cr

RESUMEN

Se evalúan las estrategias metodológicas y resultados de tres cultivos larvales de *L. guttatus* realizados en el Parque Marino del Pacífico (PMP), Costa Rica. Se incubaron tres desoves, 130 mil huevos c/u. El cultivo larval se efectuó en tanques con flujo abierto de 5 m³ (18,1 larvas/L; longitud total (Lt) 2,25 mm). Fueron alimentadas con rotíferos enriquecidos, nauplios de artemia y microlagas producidas en fotobiorreactores. A los 26 días después del desove (ddd) se dividieron por talla en tres tanques de 10 m³ con sistema de recirculación. Se monitoreó el crecimiento y supervivencia. A los 60 ddd se cosecharon 22.837 juveniles. En la cosecha se obtuvo una Lt de 57.8±7,82 mm, tasa de crecimiento absoluta (TCA) de 0.93 mm/d⁻¹ y una tasa de crecimiento específica (TCE) de 5,41 %. La separación por tallas al inicio de la alimentación con pienso favorece la supervivencia final del cultivo, mientras que la inanición en los primeros días de alimentación exógena y canibalismo la inciden negativamente.

Palabras Clave: Pargo manchado, *Lutjanus guttatus*, manejo, cultivo larval, producción de juveniles.

INTRODUCCIÓN

El Pargo Manchado *Lutjanus guttatus* (Steindachner 1869) es una especie distribuida desde el Golfo de California hasta Perú (Fischer *et al.*, 1995). Considerada una especie tropical y subtropical comercialmente importante (Fajer-Ávila, 2007, Tripp-Valdez y Arreguín-Sánchez, 2009).

A partir de la década de los noventa se iniciaron estudios dirigidos al crecimiento de juveniles salvajes utilizando dietas basadas en mariscos frescos y diferentes dietas formuladas experimentales (Gutiérrez y Durán, 1999). Definido su potencial de crecimiento y adaptación a condiciones de cultivo, se continuó la investigación para lograr desoves naturales masivos y constantes, base esencial para el escalamiento productivo y definición de la tecnológica de producción masiva de juveniles.

En Costa Rica el escalamiento productivo y consiguiente base tecnológica de producción de juveniles de *Lutjanus guttatus* se obtuvo en el Parque Marino del Pacífico en el año 2005, lo que permitió desarrollar las primeras granjas comerciales de pequeña escala y transferir la base tecnológica al sector privado en el 2008 (Herrera-Ulloa *et al.*, 2009, Herrera-Ulloa *et al.*, 2010).

En 2017 la producción de ésta especie en Costa Rica alcanzó valores cercanos a las 800 toneladas métricas. Los cultivos larvales de ésta especie se han sustentado en el método de cultivo mesocosmos, con flujo abierto, alimentación basada en microalgas marinas como *Nannochloropsis oculata* o *Isochrysis galbana*, rotíferos *Brachionus plicatilis* o *Brachionus rotundiformis*, nauplios de *Artemia sp.*, ácidos grasos como complemento alimenticio del alimento vivo y pienso (García-Ortega, 2009, Carvajal-Oses *et al.*, 2018; Álvarez-Lajonchère *et al.*, 2012). Su bajo porcentaje de mortalidad durante los primeros días de alimentación ha sido su principal cuello de botella (Sierra de la Rosa, 2008). Además, por ser una especie carnívora presenta altas tasas de canibalismo a partir de la segunda semana de vida que influyen significativamente en la sobrevivencia final si no se controlan a tiempo (Rojas-Herrera y Chiappa-Carrara, 2002, Álvarez-Lajonchère *et al.*, 2012).

A pesar de que se cuenta con protocolos de cultivo relativamente eficientes, *Lutjanus guttatus*. Este trabajo evalúa los efectos en crecimiento y sobrevivencia de tres cultivos larvales obtenidos bajo las metodologías de manejo aplicadas en el PMP.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los desoves se obtuvieron de forma natural de tres familias de reproductores F2. Se tomaron 3 muestras de huevos ($n=30$) para determinar su diámetro y el de la gota de aceite, así como, el porcentaje de viabilidad, definida en base a los criterios establecidos por Silva y Castelló (2005). De cada desove se tomaron 130.000 huevos flotantes y se incubaron a una densidad promedio de 520 huevos/mL. Se aplicó un análisis de varianza de una vía ANOVA para determinar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en la viabilidad y el diámetro de los huevos y en el porcentaje de eclosión con el objetivo de determinar si los desoves presentaban características similares. La siembra de las larvas fue similar en los tres tanques y se realizó por gravedad utilizando un tubo de una pulgada de diámetro desde la incubadora al tanque de cultivo larval.

La alimentación aplicada a las larvas consistió en la combinación de alimento vivo y dieta formulada (Fig. 1).

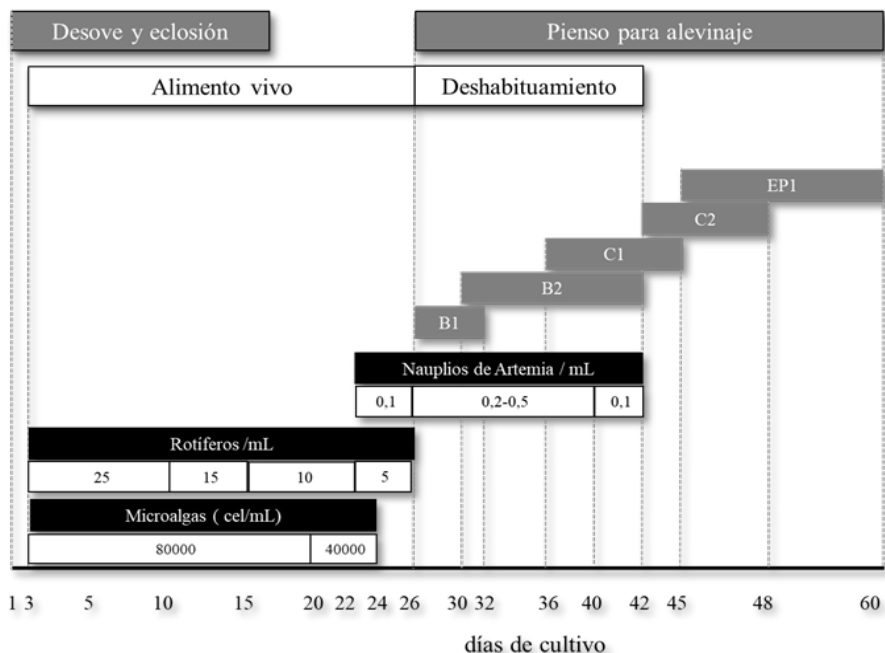


Figura 1. Alimentación aplicada en el proceso de producción de alevines de *Lutjanus guttatus* en el PMP, Costa Rica.

Las microalgas fueron producidas por medio de un fotobiorreactor tubular helicoidal y floculadas para su aplicación según la metodología de Carvajal-Oses *et al.*, (2018). Los rotíferos fueron producidos por medio de un sistema intensivo según Carvajal-Oses *et al.*, (2016). Los nauplios de artemia se enriquecieron durante 12 horas, de forma similar a los rotíferos, utilizando una mezcla de 85% Algamac 3050, 10% de Algamac ARA y 5% de Astaxantina (Aquafauna Bio-Marine, Inc., P.O. Box 5, Hawthorne, California, 90250).

De día por medio y durante los primeros 26 ddd se midió la longitud total (Lt) a 15 larvas por tanque. A partir de los 29 ddd además de obtener la (Lt), las larvas fueron pesadas por medio de una balanza digital Ohaus modelo Traveler TA3001 con una precisión de ± 0.01 g. hasta 60 ddd. Los datos primarios obtenidos de cada muestreo se ingresaron al programa Excel® 2016 y a partir de estos se determinaron los siguientes índices de crecimiento:

Tasa de Crecimiento Absoluto Peso:

$$TCA \text{ (g)/ [día]}^{(-1)} = (Pf - Pi) / T$$

Tasa específica de crecimiento:

$$TEC \text{ (PC \%)/ [día]}^{(-1)} = (Ln Pf - Ln Pi) / T * 100$$

Tasa de Crecimiento Absoluto Longitud:

$$TCA (Lt \text{ mm}) / [\text{día}]^{-1} = (Lf - Li) / T$$

Tasa específica de crecimiento:

$$TEC (Lt \%) / [\text{día}]^{-1} = (Ln Lf - Ln Li) / T * 100$$

En donde Pf = es peso total promedio final (g); Pi = Peso promedio inicial (g); Lf = es longitud total promedio final (mm); Li = Longitud promedio inicial (mm); T = número de días del período; Ln = Logaritmo natural.

Los datos de peso y longitud se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de un factor, para detectar diferencias entre los cultivos larvales ($p < 0.05$). El crecimiento en mm de cada cultivo larval hasta los 26 ddd y el crecimiento en Longitud total (mm) desde los 29 a los 60 ddd de los cultivos con las larvas separadas por talla fueron graficados en función del tiempo mediante Excel® (2016).

La supervivencia fue monitoreada a los 26 ddd (inicio del deshabitamiento alimenticio y a los 60 ddd (cosecha para traslado a las granjas de cultivo). En el día 26 ddd todos los tanques se separaron en tres tallas (S, M y L) en tres tanques de 10 m³ provistos con un sistema de recirculación (UV-65 watts, fraccionador de espuma RK2, filtro biológico y filtro mecánico). En la cosecha los juveniles se contaron uno a uno y fueron transportados hasta una granja de cultivo. Los análisis estadísticos se efectuaron con el programa Info Stat versión 2011 (Di Renzo *et al.* 2011).

RESULTADOS

No se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre la viabilidad y diámetro de los huevos de los tres desoves, ni entre los porcentajes de eclosión (Tabla 1).

Tabla 1. Características de los desoves y huevos, densidad de siembra y talla inicial de las larvas de *L. guttatus*.

	Familia 1		Familia 2		Familia 3		Promedio	
		%		%		%		%
Desove	198 000		145 000		171 000			
Huevos viables	181 000	91,4	134 000	92,4	156 000	91,2	91,7	
Huevos malos	17 000	8,6	11 000	7,6	15 000	8,8	8,3	
Huevos incubados	100 000		100 000		100 000			
Eclosión	89 000	89,0	89 500	89,5	93 100	93,1	90,5	
Diámetro del huevo (µm)	756,3±10,1		752±7,5		752±7,5			
Densidad de siembra (larvas/L)	17,8		17,9		18,62			
Lt post eclosión (mm)	2,25±0,04		2,25±0,03		2,25±0,04			

El promedio de la Longitud total inicial de la larva fue de 2,25 mm sin presencia de diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los tres cultivos larvales (Tabla 1).

El crecimiento fue exponencial y presentó un comportamiento similar entre los tres cultivos larvales en la primera etapa del cultivo (26 ddd) (Fig. 2). A los 26 ddd en promedio las larvas alcanzaron solamente $8,2 \pm 0,17$ mm de Longitud total. La TCA promedio alcanzada en este periodo fue de 0.23 mm/d^{-1} y la TCE de 4,97 %. No se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05\%$) entre el crecimiento (Lt) de los tres cultivos en los primeros 26 ddd.

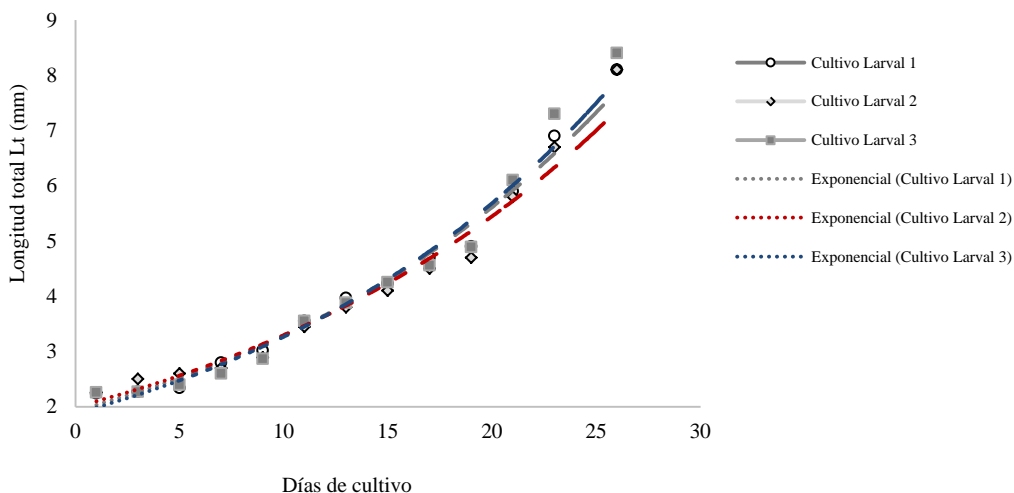


Figura 2. Crecimiento individual y promedio de tres cultivos larvales de *L. guttatus* hasta los 26 ddd.

En promedio las larvas alcanzaron a los 60 ddd $57.8 \pm 7,82$ mm de longitud total. La TCA promedio de todo el periodo fue de 0.93 mm/d^{-1} y la TCE de 5,41 %.

La fig. 3 muestra el crecimiento de cada grupo de larvas luego de su separación por tallas.

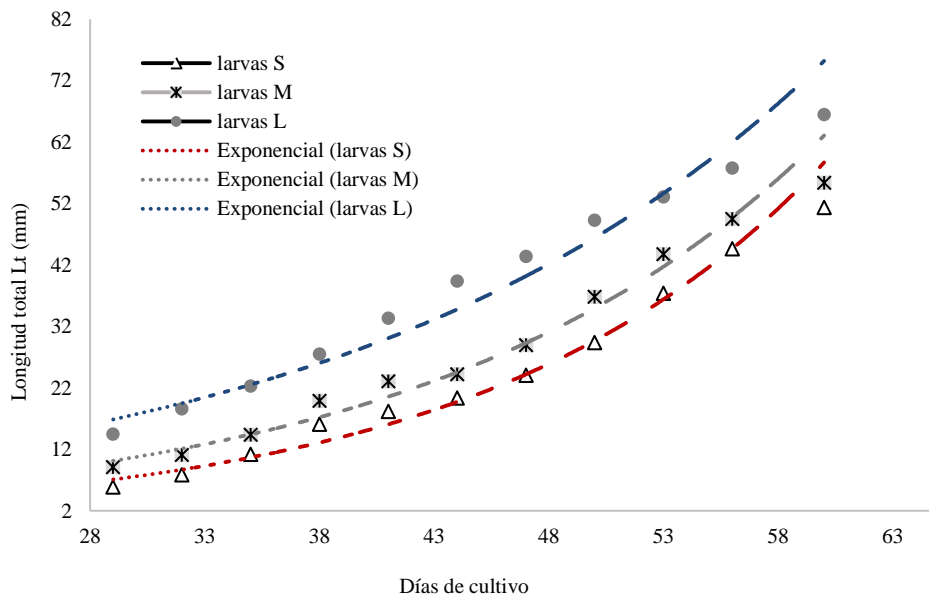


Figura 3. Crecimiento individual y promedio de las tres tallas (S,M, L) obtenidas de la separación de los cultivos larvales de *L. guttatus* hasta la cosecha.

La TCA en peso (g) obtenida de cada grupo de larvas separadas por talla entre los 29 y 60 ddd fue de: Talla (S) = 0.05 g/d^{-1} ; Talla (M) = 0.07 g/d^{-1} ; Talla (L) = 0.08 g/d^{-1} . La TCE: Talla (S) = 17.3 %; Talla (M) = 14,5 %; Talla (L) = 12,0 %. La TCA y TCE promedio fue de 0.06 g/d^{-1} y 16,9 %.

En la primera etapa (26 ddd) la mortalidad alcanzó un promedio de 88.1%. En la segunda etapa (27-60 ddd) fue de apenas un 3,5%, dando como resultado un promedio final de 8,4%.

DISCUSIÓN

La alta viabilidad y eclosión obtenidos son considerados por (Bromage *et al.*, 1992) como factores de buena calidad del huevo. Estos valores se encontraron dentro del rango normal reportado para esta especie (Abdo-De la Parra *et al.*, 2015). La ausencia de diferencias estadísticamente significativas en viabilidad, diámetro de los huevos y porcentaje de eclosión implica que las condiciones de cultivo fueron similares para los tres desoves y su respectiva incubación, lo que validó la continuación de la fase larval.

La ausencia de diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los valores de crecimiento en los primeros 26 ddd, igualmente manifestó la existencia de condiciones homogéneas de cultivo y

crecimiento entre los tres desoves. En este periodo la TCA (0.23 mm/d), fue similar a la obtenida por Alvarez-Lajonchère *et al.*, (2012) a los 25 ddd (0.22 mm/d). El crecimiento se aceleró luego de la aplicación de los nauplios de artemia y en especial con la separación de tallas desde los 26 hasta los 60 ddd. El peso final promedio alcanzado a los 60 ddd (1.90 ± 0.90 g) aunque inferior al reportado por Alvarez-Lajonchère *et al.*, (2012), (2.24 ± 0.04 g) se considera adecuado para iniciar el traslado a las granjas de cultivo.

La carencia de alimento en el tracto digestivo en un alto porcentaje de larvas durante los días 3-4 ddd es considerado como principal causante del 77.5 % de mortalidad medido a los 8 días de cultivo larval. (Sierra de la Rosa, 2008), obtuvo un 85% total de mortalidad a los 5 días después de la eclosión y asumió la pérdida por la misma situación.

Otra de las principales causas de mortalidad en este tipo de larvas se debe al canibalismo (Hecht y Piennar, 1993). El segundo periodo de mortalidad monitoreado a los 26 días del cultivo larval (25%), pudo estar relacionado en un alto porcentaje al canibalismo, el cual fue evidente a partir de la segunda semana, por lo que se optó por la separación de tallas a los 26 ddd.

En comparación con trabajos similares, la supervivencia final promedio de los tres desoves 8.4% a los 60 ddd, fue inferior a otros resultados obtenidos en el propio PMP (12%) y a la descrita por Alvarez-Lajonchère *et al.*, (2012) en la misma cantidad de días de cultivo (12.1 ± 1.1 %). El 8.4% de supervivencia se considera adecuado para la producción preindustrial (piloto) de la especie.

CONCLUSIÓN

La separación completa por tallas al inicio de la alimentación con pienso puede favorecer el cultivo larval de la especie. Así mismo, la inanición en los primeros días de alimentación exógena y canibalismo siguen siendo aspectos que inciden en la sobrevivencia final del cultivo. Los resultados en supervivencia se consideran positivos, aunque el éxito radica en contar con procedimientos tecnológicos y capacidad organizativa que permitan su repetición constante en aras de abastecer un mercado emergente de granjas de cultivo.

REFERENCIAS

Abdo-De la Parra, M. I., Rodríguez-Ibarra, L. E., Rodríguez-Montes de Oca, G., Velasco Blanco, G., & Ibarra-Casto, L. (2015). Estado actual del cultivo de larvas del pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(3):415–423. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue3-fulltext-3>

Alvarez-Lajonchère, L., Abdo De la Parra, M. I., Rodríguez Ibarra, L. E., Velasco Blanco, G.,

- Puello-Cruz, A. C., González Rodríguez, B., Ibarra-Soto, A. & Ibarra Castro, L. (2012). The Scale-up of Spotted Rose Snapper, *Lutjanus guttatus*, Larval Rearing at Mazatlan, Mexico. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43(3), 411–422. <https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00573.x>
- Bromage, N., Jones, J., Randall, C., Thrush, M., Davies, B., Springate, J., ... y Barker, G. (1992). Manejo de reproductores, fecundidad, calidad de los huevos y el momento de la producción de huevos en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 100(1-3):141-166.
- Carvajal-Oses, M., Campos-Rodríguez, R., & Herrera-Ulloa, Á. (2016). Technical and economic feasibility of adding pure oxygen for rotifer production (*Brachionus plicatilis*) spotted snapper (*Lutjanus guttatus*) larvae feeding. *Tecnología En Marcha*, 29(2):14–24.
- Carvajal-Oses, M., Chacón-Guzmán, J., & Herrera-Ulloa, Á. (2018). Optimización en la producción de la microalga marina *Nannochloropsis oculata* en un fotobiorreactor tubular helicoidal. *Tecnología en Marcha*, 31(2):117-126.
- Fajer-Ávila, E.J., Velásquez-Medina, S.P., Betancourt-Lozano, M. (2007). Effectiveness of treatments against eggs, and adults of *Haliotrema sp.* and *Euryhaliotrema sp.* (Monogenea: Ancyrocephalinae) infecting red snapper, *Lutjanus guttatus*. *Aquaculture* 264:66-72.
- Fischer, 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*. Roma, Italia.: FAO.
- García-Ortega, A., I. Abdo-de la Parra, N. Duncan, E. Rodríguez-Ibarra, G. Velasco, B. González-Rodríguez, A. Puello-Cruz, and I. Martínez. (2019). Larval rearing of spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* under experimental conditions. Pages 172–175 in C. I. Hendry, G. van Stappen, M. Willie, and P. Sorgeloos, P., editors. Larvi 05 – Fish and shellfish larviculture symposium, volume 36. Gent, Belgium Special Publication, *European Aquaculture Society*, Oostende, Belgium.
- Gutiérrez-Vargas, R., y Durán-Delgado, M. (1999). Cultivo de Pargo de la Mancha *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) en jaulas flotantes. *Uniciencia*, 15(1):27–34.
- Hecht, T., y Piennar, A. (1993). A Review of Cannibalism and its Implications in in Fish Larviculture. *Journal of the Word Aquaculture Society*, 24(2):246–261.
- Herrera-Ulloa, A., Chacón-Guzmán, J., Zúñiga-Calero, G., Fajardo-Espinoza, O., & Jiménez-Montealegre, R. (2009). Acuicultura de pargo la mancha *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) en Costa Rica dentro de un enfoque ecosistémico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 1(1):197–213.
- Herrera-Ulloa, A., Chacón-Guzmán, J., Zúñiga-Calero, G., & Jiménez-Montealegre, R. (2010).

Spotted red snapper (*Lutjanus guttatus*) aquaculture research and development as socio-economic alternative for Costa Rican fishing communities. *World Aquaculture Magazine*, 41:20–22.

Rojas-Herrera, A., Chiappa-Carrara, X. (2002). Feeding habits of the spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Pisces: Lutjanidae) in the coast of Guerrero, Mexico. *Ciencias Marinas* 28(2):133–147.

Sierra de la Rosa, J. (2008). 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.

Tripp-Valdez, A. y Arreguín-Sánchez F., (2009). The Use of Stable Isotopes and Stomach Contents to Identify Dietary Components of the Spotted Rose Snapper, *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869), off the Eastern Coast of the Southern Gulf of California. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 4(6):274-284.

Crecimiento y supervivencia de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg 1793) en cultivo suspendido en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador

Cristina Chávez, Luis Treviño, Jorge Vélez-Falcones, César Lodeiros

Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador

✉ chavezcristina95@gmail.com

RESUMEN

Se determinó el crecimiento y la supervivencia de la ostra del Pacífico *Crassostrea gigas* en cultivo suspendido en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador, comenzando con semillas de talla $11,1 \pm 0,21$ y $6,3 \pm 0,24$ mm (axis antero-posterior y dorso-ventral) confinadas en linternas a una densidad del 50% de la superficie base de cada piso. Mensualmente las ostras fueron desdobladas para mantener la densidad de cultivo y obtener muestras en 4 réplicas para los análisis biométricos y contabilizar el número de ostras vivas. Paralelamente se determinaron factores ambientales del agua circundante a los cultivos experimentales. El crecimiento en longitud fue generalmente lineal, alcanzando la talla comercial (>80 mm) en 5 meses de cultivo, manteniendo una supervivencia mensual entre 90-95% durante el cultivo. La temperatura estuvo entre $25-32^{\circ}\text{C}$, el oxígeno disuelto entre los 3-4 mg/L, la salinidad entre 24-29 UPS. El seston orgánico mostró un promedio de 16,7 \pm 1,17 mg/L y el inorgánico de $49,1 \pm 2,99$ mg/L. La clorofila *a* se mantuvo por encima de los 6 $\mu\text{g/L}$ con promedio de $16,9 \pm 0,54$ $\mu\text{g/L}$ con máximo de 29,53 $\mu\text{g/L}$. Estos factores son óptimos para el desarrollo del cultivo de *Crassostrea gigas*, mostrando una gran factibilidad de cultivo de la especie en el estuario río Chone.

Palabras clave: cultivo, crecimiento, supervivencia, ostra del Pacífico.

INTRODUCCIÓN

La ostra del Pacífico u ostra japonesa *Crassostrea gigas* es uno de los moluscos más importantes en términos de acuicultura global, con más de 600.000 t producidas en el 2014 (FAO, 2016). La adaptabilidad de esta especie a factores influyentes en la fisiología de los invertebrados marinos (temperatura, salinidad, concentración de oxígeno, etc.) le ha permitido desarrollarse en diferentes latitudes y varios sistemas (estuarios, lagunas, mares y costa afuera), además de haber sido introducida en más de 70 países para ser cultivada (Miossec *et al.*, 2009). En Ecuador las tasas de crecimiento han sido satisfactorias bajo cultivo suspendido en la costa ecuatorianas y el desarrollo del cultivo en el mar con semillas producidas en condiciones controladas de laboratorio se encuentra en expansión, siendo promovido principalmente por la administración nacional y gobiernos regionales, particularmente para el desarrollo de los cultivos con las comunidades costeras. Recientemente Lodeiros *et al.* (2018) muestra el crecimiento, junto con la supervivencia y la influencia de factores ambientales en Ayangué, Provincia de Santa Elena, Ecuador, determinando una elevada factibilidad biológica, donde los organismos alcanzan tallas comerciales de 80-90 mm en menos de año.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estuario río Chone, utilizando una estructura flotante del muelle privado de “Puerto Amistad” ubicado en Cantón Sucre, Bahía de Caráquez (0°36’3” latitud sur 80°25’23” latitud oeste) Ecuador, de la cual se colgaron los elementos de cultivo experimentales.

El cultivo de *C. gigas* (abril-octubre 2018, 6 meses) se estableció con semillas de talla $11,1 \pm 0,21$ y $6,3 \pm 0,24$ mm en axis antero-posterior y dorso-ventral, respectivamente. Las semillas se dispusieron en sacos de malla plástica con apertura de 3 mm, a una densidad de recubrimiento de la mitad de la superficie del saco (50% de recubrimiento), introducidos en cestas *lanter nets* suspendidas de la plataforma o muelle a una profundidad de 0,5-2,0 m. Cuando las ostras sembradas alcanzaron una talla adecuada (> 10 mm en axis dorso ventral-tercera semana de cultivo) fueron desprovistas de la malla y depositadas en los pisos de las linternas.

Mensualmente las ostras fueron desdobladas para mantener el 50% de recubrimiento y de cada réplica (4 experimentales) se tomó un número de organismos representativo (5-8) para realizar análisis biométricos (longitud máxima antero-posterior, dorso-ventral y entre valvas) en milímetros (mm), con un vernier (0,01 mm de precisión), así como separar los tejidos blandos y

la concha para determinar el peso de su masa seca (balanza 0,001 g de apreciación), tras un tratamiento de deshidratación a 60 °C en una estufa hasta obtener peso constante.

En función de observar el efecto de los factores ambientales en los organismos de cultivo, en el agua circundante de los cultivos se determinaron semanalmente la temperatura (termómetro de mercurio, 0,1 de precisión), así como la salinidad (refractómetro; 1 ups de precisión) y concentración de oxígeno (oxigenómetro, 0,01 ppm de precisión), y quincenalmente el seston en sus componentes orgánico, inorgánico y biomasa fitoplanctónica estimada por clorofila *a*.

RESULTADOS

El crecimiento en longitud de la ostra del Pacífico fue generalmente lineal, alcanzando los 100 mm de longitud al final del experimento (Fig. 1A). Mientras que la masa seca de la concha y de los tejidos tuvieron un crecimiento exponencial (Figs. 1B y 1C). En agosto 2018 los valores de los tejidos blandos incrementaron en su peso notablemente, llegando a masas secas de unos 2 g (Fig. 1C).

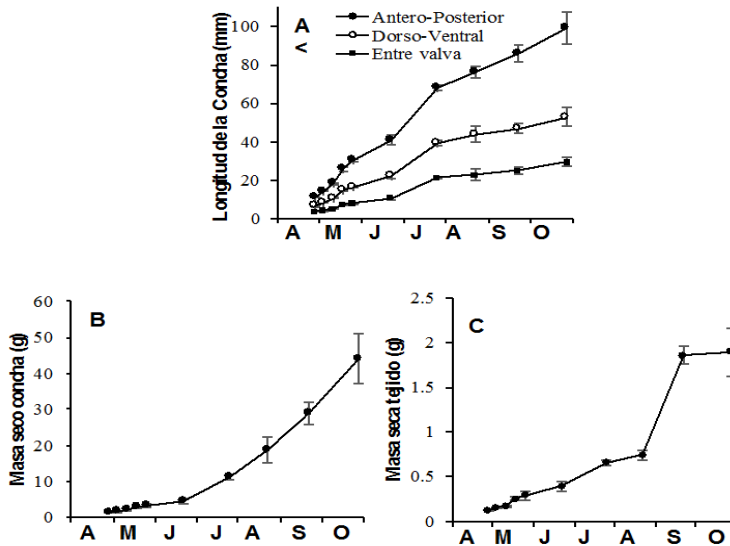


Figura 1. Crecimiento en dimensión de la concha (A), masa seca de la concha (B) y del tejido blando (C) de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* en cultivo suspendido en Bahía de Caráquez, estuario del río Chone, Provincia de Manabí, Ecuador.

La supervivencia mensual de los organismos se mantuvo en 90% pero a partir del mes de agosto sobrepasó los 95% hasta que culminó el cultivo (Fig. 2).

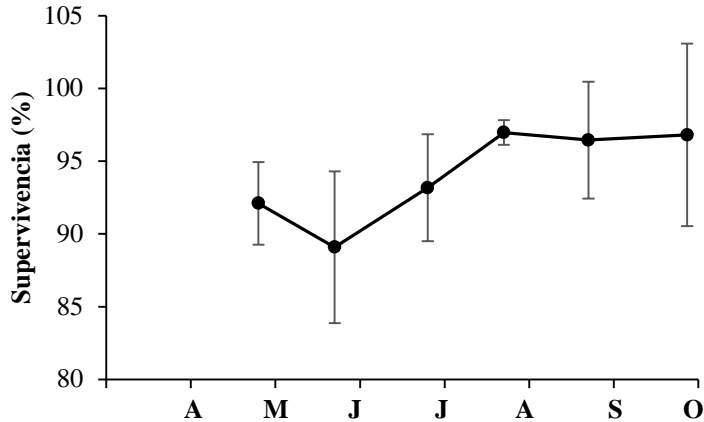


Figura 2. Supervivencia mensual de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* en condiciones de cultivo suspendido en Bahía de Caráquez, estuario del río Chone, Provincia de Manabí, Ecuador.

Las temperaturas estuvieron en un intervalo de 25-32°C (Fig. 3A), el oxígeno disuelto al comienzo del cultivo tuvo valores de 5 mg/L, luego fue disminuyendo hasta los meses de julio y principios de agosto, en los cuales se registró cantidades > 4 mg/L, para luego mantenerse entre los 4-6 mg/L (Fig. 3B). La salinidad se mantuvo con valores entre 24-29 UPS en los 2 primeros meses del cultivo, luego se mantuvo en salinidades de 24 UPS hasta finales del estudio (Fig. 3C).

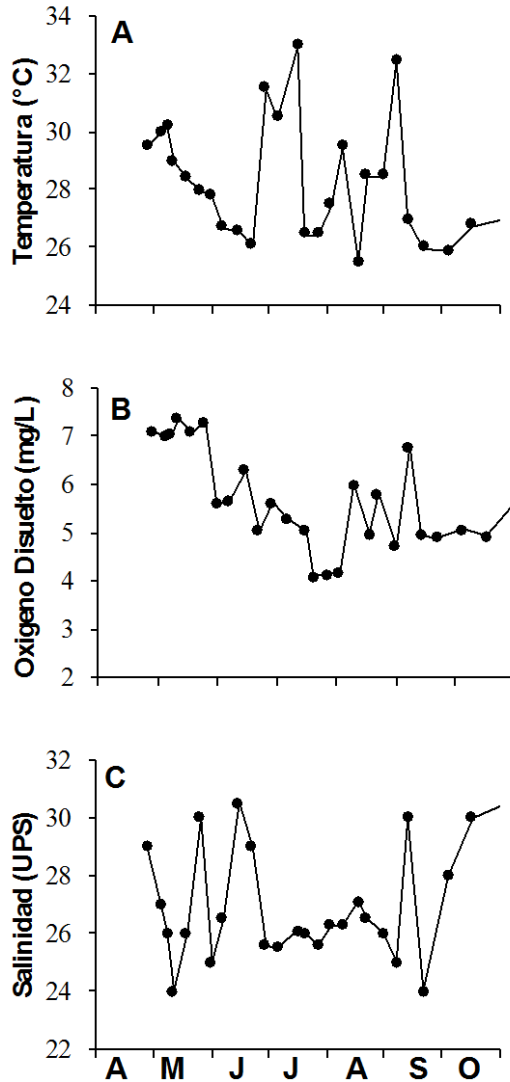


Figura 3. Variabilidad de la temperatura (A), oxígeno disuelto (B) y salinidad (C) en la zona de cultivo de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* en condiciones de cultivo suspendido en Bahía de Caráquez, estuario del río Chone, Provincia de Manabí, Ecuador.

El Seston orgánico mostró un comportamiento continuo durante los meses de cultivo con un promedio de $16,7 \pm 1,17$ mg/L. El Seston inorgánico mostró un promedio de $49,1 \pm 2,99$ mg/L y el Seston Total de $65,83 \pm 2,70$ mg/L (Fig. 4).

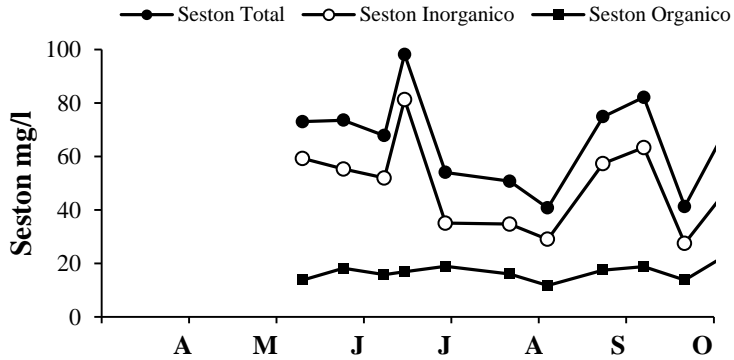


Figura 4. Seston orgánico, inorgánico y total durante los meses de cultivo de *Crassostrea gigas*.

La clorofila *a* se mantuvo por encima de los 6 $\mu\text{g/L}$ con promedio de $16,9 \pm 0,54 \mu\text{g/L}$ con máximo de 29,53 $\mu\text{g/L}$ (Fig. 5).

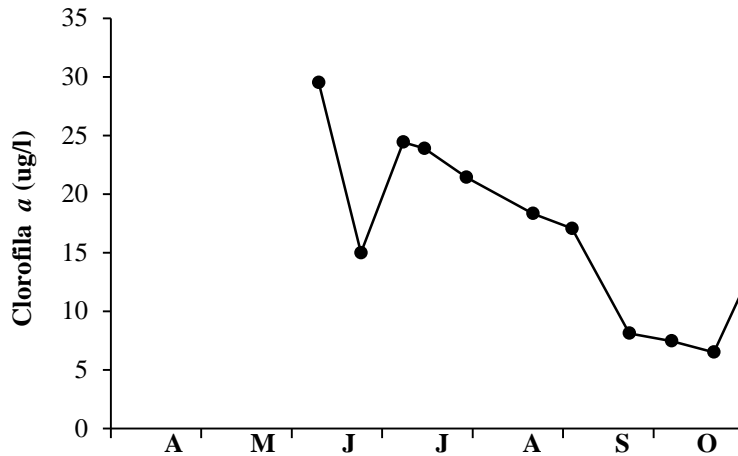


Figura 5. Clorofila *a* durante los meses de cultivo de *Crassostrea gigas*.

DISCUSIÓN

La ostra desarrolló un crecimiento continuo en todos los parámetros, lo cual permitió obtener tallas antero-posterior comerciales (~80 mm) en tan solo 5 meses de cultivo. Las proyecciones para cultivos en la costa ecuatoriana marina (Bahía de Ayangue, provincia de Santa Elena, Ecuador) es que *Crassostrea gigas* alcanza tallas comerciales a los 10 meses (Lodeiros *et al.*, 1998); no obstante, el rendimiento en la producción de las ostras en el estuario del río Chone es muy superior, suponen el acortamiento del período de cultivo en la mitad de la del mar; este crecimiento muy probablemente es el registro más rápido de la especie bajo condiciones de cultivo.

La supervivencia mensual de los organismos en general se mantuvo por encima del 90%, siendo el valor acumulado de 71,5% al final del estudio, lo cual es adecuada para el cultivo. Esta supervivencia se calculó a partir de la primera división del número de organismos en las cestas de cultivo (15 días después de la siembra), cuando se realizó una eliminación de aproximadamente el 30% de los organismos (muertos y de bajo crecimiento). Este fenómeno de mortalidad o crecimiento lento, observado en la producción de semillas de *Crassostrea gigas* puede asociarse con la calidad de la semilla y su sensibilidad al cultivo en la naturaleza (Chávez-Villalba 2014)

El desarrollo satisfactorio de los organismos en las condiciones del estuario durante el periodo de estudio, es una respuesta a la interacción de factores de crecimiento favorables, como temperatura (26-32°C), salinidad (25-30 UPS) y disponibilidad de alimento, con un promedio de $16,7 \pm 1,17$ mg/L, lo cual supera notablemente los valores, también elevados, registrados en el cultivo en la costa marina ecuatoriana (2-4 µg/L) (Lodeiros *et al.*, 2018).

La temperatura mostró una relación positiva con las tasas de crecimiento de los tejidos blandos. Esta asociación de una mayor tasa de crecimiento de *Crassostrea gigas* con alta temperatura, coincide con la promoción del crecimiento acelerado observado en la costa del mar ecuatoriano (Lodeiros *et al.* 2018). La temperatura es un factor que causa un aumento de la tasa metabólica en los organismos ectotermos y cuando es continuamente alta en condiciones no limitantes de los alimentos podría ser el factor más influyente para acelerar las tasas de crecimiento en *Crassostrea gigas*, como fue encontrado en el presente estudio. Estas tasas altas de crecimiento no se han observado en otras áreas tropicales como el Mar Caribe. En esta región, los períodos de alta temperatura están más bien asociados con momentos de estrés de los moluscos bivalvos bajo cultivo, porque coinciden con períodos de baja disponibilidad de alimentos (<1 µg / L de clorofila *a*; Lodeiros y Himmelman 2000). Esto sugiere una interacción de alta temperatura con elevada disponibilidad de alimentos, suficiente para soportar la demanda metabólica, incluidos los procesos reproductivos, lo que resulta en producción de biomasa y un

alto crecimiento y que los estuarios tropicales con alta disponibilidad de alimentos pueden ser sistemas ideales para el cultivo de la especie.

En el ambiente natural la concentración de oxígeno disuelto en el agua está en constante variación ya que va a depender de factores fisicoquímicos como temperatura y salinidad. En nuestra investigación la concentración de oxígeno en el medio circundante oscilaron entre los 4,09 mg/L y 7,37 mg/L con un promedio de 5,71 mg/L, lo cual indica que está dentro de los límites permisibles para su óptima respuesta biológica. Adicionalmente la salinidad registrada se encuentra dentro de los óptimos de crecimiento de la especie (FAO 2005-2019). No obstante, es de considerar que esta condición es solo durante el periodo seco en la zona de estudio (abril-enero), dado que en los meses restantes, en la zona, considerada como estuario medio, coexiste una mayor mezcla de agua con mayor aporte de agua dulce por el aumento de caudal de los ríos que desembocan en el estuario, bajando la salinidad a extremos, lo que limitaría el cultivo de la especie solo al periodo seco, si éste no es movilizado a zonas de mayor influencia marina.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración a los estudiantes de la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí (EAP-UTM) y al Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas de Ecuador (CENAIM-ESPOL) por la colaboración en el aporte de semillas, de igual forma a la administración del Puerto Amistad de Bahía Caráquez, por permitir el uso de las plataformas de flotación para establecer el cultivo experimental. La investigación fue soportada por el proyecto UTM-PYTBEAC-2018-FCV0008 “Factibilidad del cultivo de la ostra del pacífico *Crassostrea gigas* y la ostra perlera alada *Pteria sterna* en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador”.

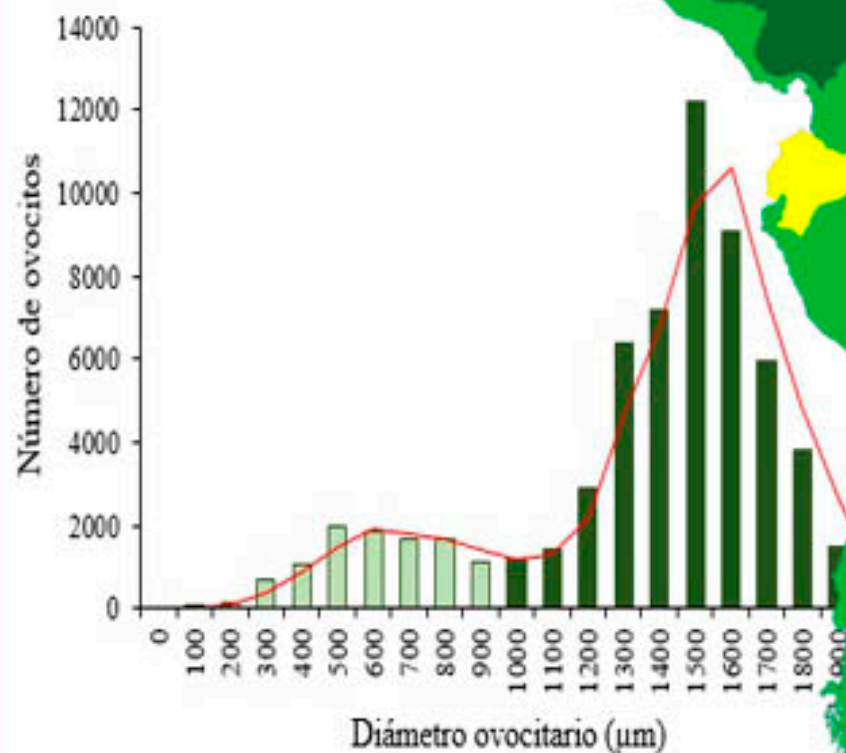
REFERENCIAS

- Chávez-Villalba J. (2014). Cultivo de ostión *Crassostrea gigas*: Análisis de 40 años de actividades en México. *Hidrobiológica* 24 (3): 175-190.
- FAO (2015-2019). Cultured Aquatic Species Information Programme *Crassostrea gigas*. Programa de información de especies acuáticas. Texto de Helm, M.M. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 13 April 2005.
- FAO (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.

Lodeiros C., Himmelman J.H. (2000). Identification of environmental factors affecting growth and survival of the tropical scallop *Euvola (Pecten) ziczac* in suspended culture in the Golfo de Cariaco, Venezuela. *Aquaculture* 182: 91-114

Lodeiros C., Rodríguez-Pesantes D., Márquez A., Revilla J., Chávez-Villalba J., Sonnenholzner S. (2018). Suspended cultivation of the Pacific Oyster *Crassostrea gigas* in the eastern tropical pacific. *Aquaculture international* 26(1):337-347.

Miossec L., Le Deuff R.M., Gouletquer P. (2009). Alien species alert: *Crassostrea gigas* (Pacific oyster). ICES Cooperative Research Report No. 299. Copenhagen, 42 pp.



RECURSOS ACUÁTICOS



Fecundidad del dorado (*Coryphaena hippurus* Linneo, 1758) en el Pacífico Ecuatoriano
J. Vélez-Falcones, M. García-Veintimilla, R. León-Mateo, A. García y L. Treviño

Potencial de aprovechamiento pesquero del erizo de mar *Echinometra lucunter* en el noriente de Venezuela
Daniel Polanco-Marin, Edgar Zapata Vivenes, Dwight Arrieche, César Lodeiros Seijo, Jeny Reyes-Luján

Extracción de colágeno en medio ácido de la piel de la cola de atún (*Thunnus atlanticus*)
Chacón, A., Moreno, S., Mostué, M.

Aplicación de la genómica poblacional en la trazabilidad del origen geográfico del berberecho común, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758)
Javier Quinteiro y Manuel Rey-Méndez

El microbioma del berberecho común, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758), de poblaciones de la costa gallega: composición taxonómica y su relación con la ubicación geográfica
Javier Quinteiro y Manuel Rey-Méndez

Tilapia (*Oreochromis* sp.) en la diversidad íctica nativa en la provincia del Guayas, Ecuador
Janeth Jácome-Gómez, Javier Salcán, Verónica Taipe-Taipe, Janeth Intriago, Ramón Horacio Zambrano-Aveiga, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta, Myriam Zambrano-Mendoza, Juan Pablo Tobar-Galvez, Anayansi Albert Rodríguez, Sandro Cornejo

Fecundidad del dorado (*Coryphaena hippurus* Linneo, 1758) en el Pacífico Ecuatoriano

J. Vélez-Falcones, M. García-Veintimilla, R. León-Mateo, A. García y L. Treviño

Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador

✉ jvelezf@hotmail.com

RESUMEN

Para estimar la fecundidad parcial del pez dorado *Coryphaena hippurus*, en el Pacífico ecuatoriano se analizaron las gónadas de peces muestreados en puertos pesqueros de la zona norte, centro y sur de Ecuador durante septiembre 2008 a junio 2009. La fecundidad parcial promedio, estimada por el método gravimétrico, para 312 hembras fue de 219997 ± 17023 huevos por desove. La relación entre la fecundidad parcial en miles (F) con la longitud total (Lt) fue $F = 23,52Lt^{1,920}$ $r^2 = 0,391$, y con el peso total (Pt) fue $F = 104,5Pt^{0,883}$ $r^2 = 0,567$. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en los resultados de fecundidad parcial, para los peces capturados en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Santa Elena (Norte, Centro y Sur del Ecuador). No se evidenció una relación directa entre la fecundidad con la talla y el peso del pez, lo que sugiere que no siempre las hembras más grandes son las más fecundas.

Palabras clave: *Coryphaena hippurus*, método gravimétrico, fecundidad parcial, Pacífico ecuatoriano.

INTRODUCCIÓN

El dorado es una de las especies pelágicas oceánicas circuntropicales que posee una importancia económica a lo largo de toda su distribución. En Ecuador representa más del 65% de los desembarques estimados y del 35 al 40% de las exportaciones de peces pelágicos (Martínez-Ortiz & Zúñiga-Flores, 2012). Es considerada una especie muy resiliente a la pesca debido a que soporta grandes pesquerías comerciales y deportivas sin que hasta la fecha ningún stock haya mostrado señales de abatimiento (Seafoodwatch, 2005). En el Océano Pacífico oriental, el dorado muestra tasas de crecimiento rápidas durante un período de vida muy corto (aproximadamente 3 años), madurez temprana (50% de madurez a 0.5 - 1 año), alta fecundidad y desove durante todo el año (Zúñiga-Flores 2014; Goicochea *et al.*, 2012). El conocimiento biológico de la especie ha sido una herramienta importante para su manejo, y particularmente el estudio de fecundidad es de mucha importancia por generar información indispensable, para

comprender la dinámica poblacional y contribuir un manejo sustentable. Tresierra & Culquichicón (1995), para un aprovechamiento sostenible de los recursos que están en constante explotación debe ser permanentemente evaluados. Además, se debe tener precaución ya que el dorado está sujeto a una fuerte explotación comercial por parte de varias naciones costeras del Pacífico tropical oriental (Perú, Colombia y la mayoría de las naciones de América Central), además de Ecuador (Dapp *et al.*, 2013; Lasso & Zapata, 1999; Solano-Sare, 2008). Bajo este contexto, el objetivo de este estudio fue estimar la fecundidad del dorado (*Coryphaena hippurus*), capturado en el Pacífico ecuatoriano y desembarcados en puertos pesqueros de las provincias Esmeraldas, Manabí y Santa Elena.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares fueron capturados por la flota pesquera en el Pacífico ecuatoriano y desembarcados en puertos pesqueros artesanales de la zona norte (Esmeraldas), centro (Manta) y sur (Santa Rosa y Anconcito) de Ecuador (Figura 1), durante septiembre 2008 y junio 2009. Se muestrearon 312 hembras en estado avanzado de madurez fueron seleccionadas, las que previamente se les realizó el registro de Longitud total (Lt) en cm, y peso total (Pt) y peso gónadas (Pg) en g. Posteriormente los ovarios de cada ejemplar fueron extraídos y pesados individualmente en balanza digital (0,01 g de sensibilidad).

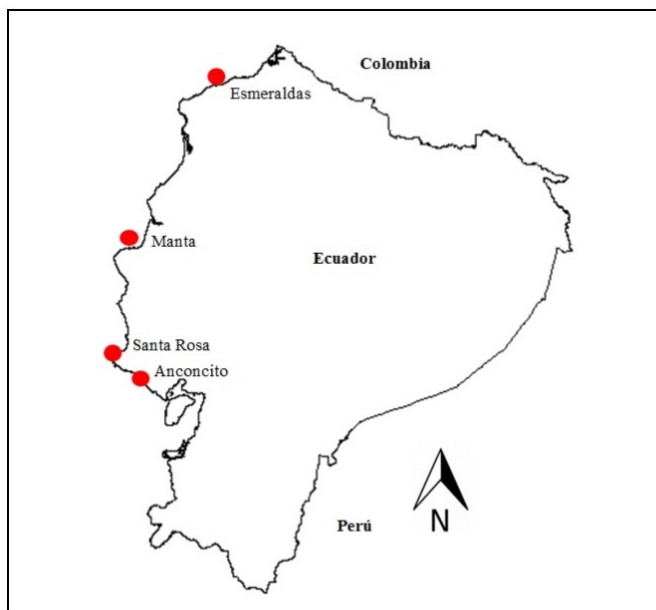


Figura 1. Puertos pesqueros artesanales de Ecuador monitoreados

RESULTADOS

La fecundidad del dorado (*Coryphaena hippurus*), se evaluó en 312 hembras maduras (50 ejemplares desembarcados en la zona norte, 148 en zona centro y 114 en zona sur) capturadas entre septiembre (2018) y junio (2019). Las hembras muestreadas presentaron longitudes totales que varían de 56 a 170 cm y un peso que varía de 908 g a 15.890 g (Tabla 1). En el mismo ovario, los tamaños de los ovocitos son heterogéneos y los diámetros varían de 100 a 1.999 μm (Figura 2). La distribución de frecuencia del diámetro del ovocito muestra la presencia de un primer grupo de ovocitos inmaduros que representa el lote de reserva y cuyo rango comprende entre 100 y 900 μm , representando el 16,41% de todos los ovocitos presentes en el ovario. De este primer lote se destacan otros cuatro grupos de ovocitos con diámetros entre 500 y 800 μm . El lote más avanzado cuyo rango de tallas van entre 999 a 1.999 μm de diámetro y que comprende el 83,59 % del total de ovocitos analizados los cuales reflejan la maduración completa y la formación de ovocitos hialinos.

Tabla 1. Tallas del dorado según las zonas de desembarque

Talla (cm)	Zona Norte	Zona Centro	Zona Sur
	Esmeraldas	Manabí	Santa Elena
Promedio	121,1 \pm 0,9	113,1 \pm 0,3	91,41 \pm 0,4
Máximo	165	170	144
Mínimo	61	65	56

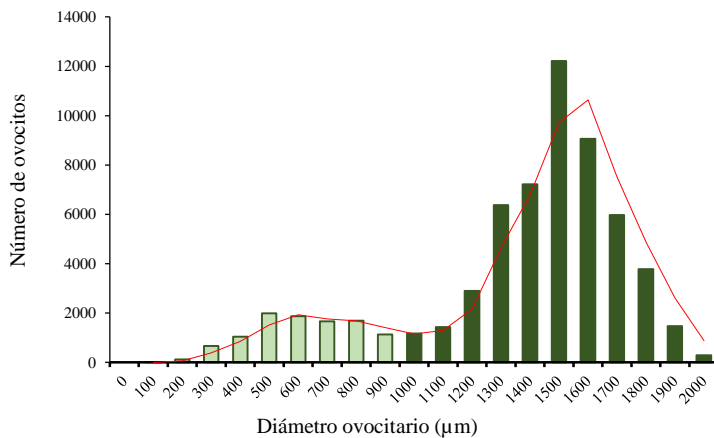


Figura 2. Distribución de frecuencia de tallas de ovocitos

La fecundidad parcial (F) de *Coryphaena hippurus* osciló entre 17,499 (Lt = 56 cm, Pt = 908 g) y 801,960 (Lt = 170 cm, Pt = 15,890 g) con un promedio de $219,997 \pm 17,023$ ovocitos por hembra. Las relaciones obtenidas (Figura 3) entre la Fecundidad parcial (F), el peso total del pez (Pt) y la Longitud total (Lt) presentaron un mejor ajuste con el modelo de regresión potencial dando coeficientes de correlación respectivos a 0,39 y 0,57. La fecundidad parcial (F), por lo tanto, aumenta proporcionalmente con la longitud y peso del pez.

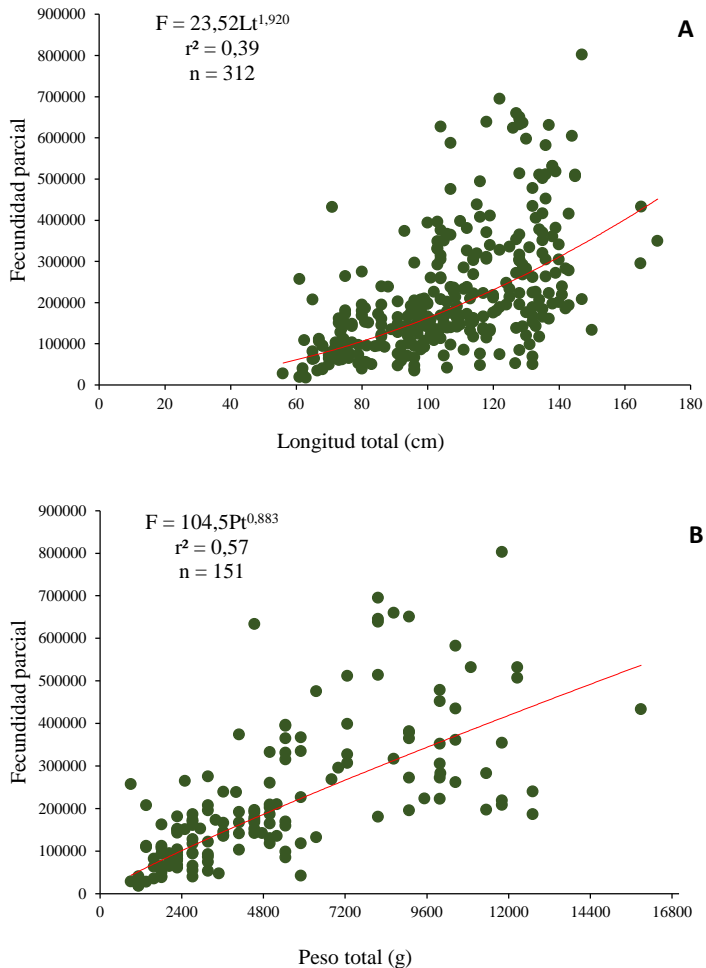


Figura 3. Relaciones entre la Fecundidad parcial con longitud total (A) y peso total (B).

Los valores de fecundidad parcial promedio de *C. hippurus* fue mayor para la zona norte (Esmeraldas) y menor en el sur (Santa Elena) observándose diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de varianza de la fecundidad parcial en las zonas de estudio

Provincia	Nº Peces	Suma	Fecundidad parcial promedio	Varianza
Esmeraldas	50	17429267	348585 _a	2,9505E+10
Manabí	148	31153560	210497 _b	1,5883E+10
Santa Elena	114	20056310	175933 _c	1,9361E+10
Entre Provincias	F Calculado	Valor Crítico F	Probabilidad	Significancia
Esmeraldas- Manabí	36,95	3,89	0,000	$p < 0,05$
Esmeraldas- Santa Elena	46,19	3,90	0,000	$p < 0,05$
Manabí- Santa Elena	4,42	3,88	0,000	$p < 0,05$

Letras diferentes en súper índice indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

DISCUSIÓN

Los resultados de fecundidad obtenidos en el presente estudio muestran una tendencia acreciente respecto a la talla del dorado, aunque en la regresión no se evidenció una relación directa entre la fecundidad con la longitud y el peso, lo que sugiere que no siempre las hembras más grandes son las más fecundas. En efecto, los valores son similares a los reportado por Solano-Sare *et al.* (2008) en Perú, que revelan un rango desde 180.000 a 800.000 ovocitos hidratados y un diámetro homogéneo de 1,75 mm. Sin embargo, ellos no describen la talla (longitud y peso) de los ejemplares muestreados. Mientras en este estudio se observó un rango de ovocitos hidratados que va desde 17.499 a 801.960 para hembras de 56 a 170 cm de longitud total con un peso total de 908 a 15.890 g. Asimismo, se presenta un r^2 de 0,39 en las relaciones fecundidad-longitud total; un r^2 de 0,58 en la relación fecundidad-peso total. Esto es considerablemente bajo comparado con los estudios de fecundidad en 14 especímenes de dorado cuyo rango de talla fue de 65 a 117 cm de longitud furcal, realizado en el mar Mediterráneo por Massutí & Morales (1997), que revelan un $r^2 = 0,86$ para el primer caso y un $r^2 = 0,80$ para el segundo. Esto posiblemente se debe a que, el número de ovocitos producidos por hembras de una misma talla es variable, además puede inferir el número de desoves realizado por cada pez como su historial reproductivo; en los mismos que puede ser un primer, segundo, tercer u otro desove del stock desovante durante la estación reproductiva, que infiere de alguna manera un mejor ajuste del r^2 . También el número de ejemplares analizados se aleja considerablemente al de estos autores.

El análisis de varianza presentó, diferencias significativas en la fecundidad parcial estimada para las tres Provincias del Ecuador: Esmeraldas, Manabí y Santa Elena (norte, centro y sur respectivamente). Estas variaciones pueden estar asociadas a las diferencias observadas entre las tallas de los especímenes capturados (los grandes y en su mayoría provienen de la zona norte y

los restantes del centro y sur). Además, los estudios realizados en el Atlántico Central Oeste por Oxenford & Hunte (1986) y Oxenford (1999), indican que hay diferencias significativas entre la fecundidad y el tamaño ovocitario para las poblaciones de dorado del norte y del sur. Estas variaciones podrían estar relacionadas a la disponibilidad de los recursos alimentarios, influenciadas por las condiciones ambientales y particularmente la región ecuatorial no es la excepción, ya que se encuentra influenciada por corrientes marinas además de los cambios ambientales según la estación seca o lluviosa.

CONCLUSIONES

Los resultados muestran diferentes etapas de desarrollo (distribución continúa) de los ovocitos en los ovarios del dorado, presentando 2 grupos modales de tamaños, el más grande que será expulsado en forma inmediata y los restantes que serán expulsados posteriormente durante el periodo reproductivo, el cual nos indica que esta especie es un desovador múltiple.

La fecundidad parcial es variable para hembras de una misma talla, no evidenciándose una relación directa entre la fecundidad con la longitud y el peso del pez, en efecto puede influir el número de desoves realizados por éstas durante su ciclo y/o estaciones reproductivas, lo que sugiere además que no siempre las hembras más grandes son las más fecundas.

La fecundidad es variable según la zona de captura (latitudes) y puede estar influenciada por los parámetros ambientales (temperatura, recursos alimentarios disponibles o presión pesquera). Por lo que se sugiere que este estudio debe ser permanente debido a que los cambios ambientales pueden afectar este parámetro y por ende las estimaciones del stock. Por lo tanto, debe existir continuidad en el muestreo de la flota que ejerce esfuerzo de pesca sobre este recurso.

AGRADECIMIENTOS

A los pescadores artesanales de los puertos Esmeraldas, Manta, Santa Rosa y Anconcito por la accesibilidad al desembarque de la pesca y a las facilidades de toma de los registros biométricos del dorado y toma de muestras gonadal. A la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí, por las facilidades de laboratorio.

REFERENCIAS

Dapp D., Arauz R., Spotila J., O'Connor M. (2013). Impact of Costa Rican longline fishery on its bycatch of sharks, stingrays, bony fish and olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 448:228–239.

- Goicochea C., Mostacero J., Moquillaza P. (2012). Edad y crecimiento de *Coryphaena hippurus* (Linnaeus) en la zona norte del mar peruano, febrero 2010 / Age and growth of *Coryphaena hippurus* (Linnaeus) in the northern Peruvian Sea, February (2010). *Inf Inst Mar Perú*, 39/ Nos. 1–2. 34–36. ISSN 0378-7702.
- Hunter J., Lo N.C., Leong R. (1985). Batch fecundity in multiple spawning fishes. In: Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA Tech. Rep. NMFS 36, pp 67 - 78.
- Lasso J., Zapata L. (1999). Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panama. *Scientia Marina*. 63:387–399.
- Massutí, E., Morales-Nin B. (1997). Reproductive biology of dolphinfish (*Coryphaena hippurus* L) off the Island of Majorca (Western Mediterranean). *Fish. Res.*, 30:57 - 65.
- Martínez-Ortiz J., Zuñiga-Flores M. (2012). Estado actual del conocimiento del recurso dorado (*Coryphaena hippurus*) Linnaeus, 1758 en aguas del Océano Pacífico Suroriental (2008–2011). Informe Técnico Final del proyecto titulado: "Dinámica de la población: la pesca y la biología del dorado en Ecuador". MAGAP-MS-C-EPESPO.122.
- Oda L., Lavenberg R., Rounds J. (1993). Reproductive biology of three California species of *Paralabrax* (Pisces: Serranidae) CalCOFI Rep 34.
- Oxenford A. (1999). Biology of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the western central Atlantic: A review, p. 277 – 301. In E. Massutí & B. Morales – Nín (eds). Biology and fisheries of dolphinfish and related species. *Scientia Marina*, Barcelona, España.
- Oxenford H., Hunte W. (1986a). A preliminary investigation of stock structure of the dolphin *Coryphaena hippurus* in the Western Central Atlantic. *Fish. Bull., U. S.*, 84(2):451- 460.
- Palko B., Beardsley G., Richards W. (1982). Synopsis of the biological data on dolphin-fishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis*, Linnaeus. NOAA Technical Report NMFS Circular 443. FAO Fisheries Synopsis No. 130. 32.
- Seafoodwatch. (2005). Dolphinfish Overview. <https://www.seafoodwatch.org/seafood-recommendations/groups/mahi-mahi>
- Solano-Sare A., Tresierra-Aguilar A., García-Nolasco V., Dioses T., Marín W., Sánchez C. (2008). Biología y pesquería del Perico. Instituto del Mar Del Perú. 23.

- Tresierra A., Culquichicón Z. (1995). Manual de biología pesquera. CONCYTEC. Trujillo, Perú. p227.
- Zúñiga-Flores M. (2014). Determinación e interpretación de los parámetros poblacionales, edad, crecimiento y reproducción del dorado (*Coryphaena hippurus*) capturado en aguas del Océano Pacífico Sur-Oriental durante 2008–2012. Reporte final de la consultoría para Word Wildlife Fund/ ViceMinisterio de Acuicultura y Pesca (MAGAP), Ecuador. p73.

Potencial de aprovechamiento pesquero del erizo de mar *Echinometra lucunter* en el noriente de Venezuela

Daniel Polanco-Marin¹, Edgar Zapata Vivenes^{2,3}, Dwight Arrieche², César Lodeiros Seijo^{2,3} y Jeny Reyes-Luján¹

¹Departamento de Biología, Facultad Experimental de Ciencias, Universidad del Zulia, Venezuela. | ²Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, UDO-Cumaná, Venezuela. | ³Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

✉ danielpolanco1992@gmail.com; jenyreyesl@gmail.com

RESUMEN

Los erizos de mar constituyen uno de los grupos equinodermos con mayor potencial para satisfacer la creciente demanda de proteína animal. Sin embargo, históricamente diversas pesquerías de equinoideos han desaparecido debido a la sobreexplotación impulsada por el desconocimiento del potencial de aprovechamiento de sus poblaciones naturales. Este trabajo evalúa el status *Echinometra lucunter* en el noriente de Venezuela, en aras de coadyuvar al establecimiento de planes para la administración sustentable del recurso erizo. Los muestreos se realizaron en la Ensenada de Turpialito entre julio 2010 - 2011. La densidad poblacional se estimó mediante 20 cuadrantes (0,5 m²) perpendiculares a la costa. Los erizos fueron extraídos manualmente de sus madrigueras e *in situ* se determinó su talla y masa fresca total. A partir de los datos obtenidos, se estimó la densidad (ind/m²), estructura de tallas (DT), relación diámetro-peso y índice de condición relativa (*Kn*). Adicionalmente, se analizaron datos ambientales para diferenciar las épocas de estratificación y surgencia costera. En tal sentido, densidades máximas de erizos (11,20 ind/m²) se asociaron a las épocas de estratificación, mientras que las mínimas (6 ind/m²) con la surgencia costera. La estructura de la población (N= 680) estuvo conformada principalmente por erizos entre 5 - 67 mm (34,65 mm ± 0,33 EE), la aparición de individuos de mayor talla se observó en surgencia. La relación diámetro-peso fue significativa e indicó un crecimiento alométrico ($r^2 = 0,71$; $W = 0,045 * L^{1,772}$). El *Kn* promedio fue 1,04; con valores máximos durante la estratificación. La abundancia de *E. lucunter* es menor en comparación con años anteriores, sin embargo, la población presenta tallas grandes y buena condición fisiológica, anticipando una alta producción, en el caso de planes destinados a la explotación del recurso.

Palabras clave: Índices ecológicos, perturbaciones, macroinvertebrados, playas arenosas, periodo ambiental.

INTRODUCCIÓN

Los erizos de mar constituyen un grupo de equinodermos con gran potencial pesquero (Astudillo *et al.* 2005). Sus principales mercados consumidores son Europa y Asia, donde sus gónadas alcanzan hasta \$ 400/Kg (Lawrence, 2007). Sin embargo, en la mayoría de los casos existe poco control gubernamental sobre su extracción, lo que genera un alto riesgo de sobreexplotación (Lodeiros *et al.* 2013). *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1785), es un equinoideo con amplia distribución en las costas de América y el Caribe (Alvarado, 2011). En Venezuela, se señala en los estados Falcón, Aragua, Sucre y Nueva Esparta (Zoppi, 1967, Cruz-Motta, 2007, Amaro, 2009, Gómez y Hernández, 2011), habitando sobre sustratos coralino-rocosos (Gómez-Maduro y Hernández-Ávila, 2015) y ocasionalmente praderas de *Thalassia testudinum* (Hendler *et al.* 1995). En el noriente del país posee un valor potencial como recurso debido a su corto periodo embriológico (16 h) y larvario (12 h), altas tasas de sobrevivencia, producción de gónadas en poco tiempo y actividad reproductiva todo el año (Astudillo *et al.* 2005, Reyes *et al.* 2015). Datos preliminares sobre su abundancia en el Golfo de Cariaco, señalan densidades promedio de 10,88 ind/m² (Pompa *et al.* 1989) y de 8,80 ind/m² (Gómez-Maduro y Hernández-Ávila, 2015); sin embargo, no se conoce información sobre la distribución de su abundancia ni estructura de la población que considere los periodos de estratificación y surgencia costera, típicos de esta región del país (Márquez *et al.* 2011). Aunado a esto, algunos trabajos señalan la disminución de poblaciones naturales del erizo *Lytechinus variegatus* en el noriente de Venezuela, debido a la extracción artesanal y falta de regulación gubernamental; por lo que *E. lucunter* al ser una especie asociada corre el riesgo de ser explotada irracionalmente (Lodeiros *et al.* 2013). Este trabajo evalúa el potencial pesquero del erizo negro *E. lucunter* en el noriente de Venezuela, con el fin de aportar datos que puedan servir para el establecimiento de planes de manejo sustentable del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en la Ensenada de Turpialito (Golfo de Cariaco; 10°27'30"N, 64°01'52"W), estado Sucre, Venezuela entre julio 2010 - 2011. La densidad de *E. lucunter* se estimó mediante cuadrantes de 0,5 m² (N= 20) perpendiculares a la costa (Nodarse, 2001). Los ejemplares fueron extraídos manualmente, *in situ* se determinó la talla (diámetro de testa en mm) utilizando un vernier digital ($\pm 0,1$ mm) y la masa fresca total con una balanza de campo ($\pm 0,01$ g), posteriormente los erizos fueron devueltos a su hábitat.

Los datos de abundancia y talla se analizaron con el programa Statistix 10.0 para obtener la estadística descriptiva. La estructura de tallas de la población, se representó a través de histogramas de frecuencia de talla (mm) (Tomšić *et al.* 2010). La relación diámetro-peso, se

analizó para estudiar el crecimiento relativo, esto a partir del modelo alométrico general (Sparre y Venema, 1995), donde:

W = peso en g,
 L = longitud del cuerpo (DT en mm),
 a = la ordenada, b = la pendiente

En este caso, “a” y “b” son parámetros que se estiman por métodos estándar de regresión. El parámetro “b” permite conocer si la relación es alométrica o isométrica, al adoptar el exponente que relaciona ambas magnitudes (González, 2004). El modelo alométrico ($W=a*L^b$) supone que, en caso de isometría $b=3$, la masa del animal se conserva a medida que este crece; mientras que si $b \neq 3$ entonces la relación es alométrica (en caso de $b > 3$ positiva y $b < 3$ negativa). La alometría positiva indica que a medida que el erizo crece su peso incrementa en mayor proporción que su longitud; efecto contrario ocurren en caso de alometría negativa (Sparre y Venema, 1995).

El índice de condición relativa Kn se empleó como una medida indirecta de la salud poblacional (Herrero-Pérezrul y Reyes-Bonilla, 2008), esta medida que expresa cómo difiere el peso de un individuo dado, respecto al valor esperado para la población. Se determinó a partir de la relación: $Kn = W / a * L^b$, donde: a y b (la ordenada y la pendiente), son parámetros que se estiman por métodos estándar de regresión al aplicar el modelo alométrico general, $W = a * L^b$ (Sparre y Venema, 1995). Si, $Kn = 1$ indica que los erizos poseen un peso acorde a lo esperado para su talla (condición fisiológica normal), mientras que si $Kn \leq 1$ o $Kn \geq 1$ esto indicaría un peso menor o mayor (baja o alta condición) respectivamente.

Para el análisis estadístico los meses se clasificaron según la productividad primaria en estratificación (> 25 °C) y surgencia costera (≤ 25 °C) (Márquez *et al.* 2011). Con la finalidad de detectar diferencias significativas entre los meses en relación a la abundancia, talla y Kn se empleó una prueba ANOVA de una Vía y *a posteriori* de Tukey (Nodarse, 2001). Diferencias significativas se establecieron para $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

La temperatura promedio en la Ensenada de Turpialito fue 27,8 °C, con mínimos desde diciembre hasta marzo (23,6 °C) durante la surgencia costera y máximos en estratificación (30,1 °C). El comportamiento de la clorofila *a* ($0,59 \pm 1,94$ mg/m³) fue inverso a la temperatura (Fig. 1). La densidad de *E. lucunter* osciló entre 6 – 11,20 ind/m² ($8,60$ ind/m² $\pm 1,48$ Error Estándar). Valores máximos ($11,20$ ind/m² $\pm 2,04$ EE) se obtuvieron en julio 2011, mientras que los mínimos (6 ind/m² $\pm 0,97$ EE) en enero 2010 (Fig. 2). Sin embargo, no se detectaron diferencias

significativas durante el periodo de estudio. La estructura de tallas de *E. lucunter* estuvo conformada por ejemplares entre 5 - 67 mm ($34,65 \text{ mm} \pm 0,33 \text{ EE}$) (Fig. 3). Individuos de mayor talla (37,06 mm) se asociaron con la surgencia costera; mientras que los más pequeños con la estratificación ($p < 0,05$). La relación diámetro-peso señaló un crecimiento alométrico negativo. La ecuación obtenida fue $W = 0,0452 * L^{1,772}$, con $r^2 = 0,71$ (Fig. 4). Se encontraron diferencias significativas en relación al coeficiente de regresión “b” y el modelo en general ($p < 0,05$). Por su parte, el *Kn*, oscilo entre 0,96 y 1,18 ($1,04 \pm 0,38 \text{ EE}$), con valores máximos durante la época de estratificación y menores en surgencia costera (Tabla 1).

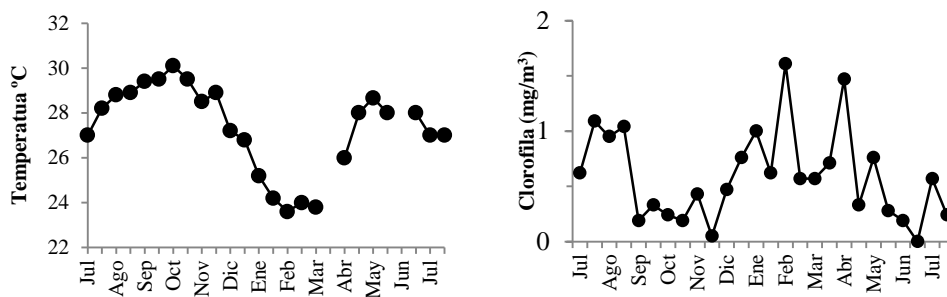


Figura 1. Variación de la temperatura del agua y de la clorofila en la Ensenada de Turpialito entre julio 2010 - julio 2011 (datos tomados cada 15 días). Tomado y modificado con permiso de Reyes *et al.* (2015).

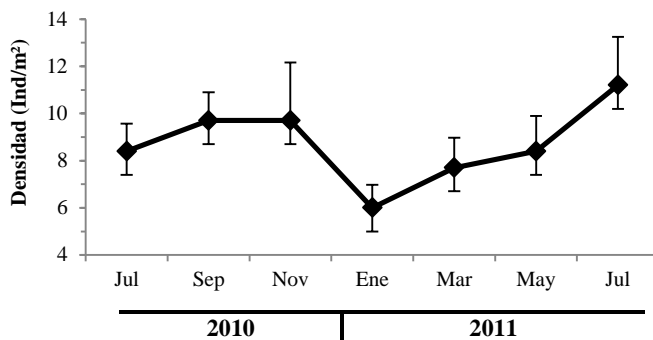


Figura 2. Densidad poblacional de *Echinometra lucunter* en la Ensenada de Turpialito, las barras representan el error estándar.

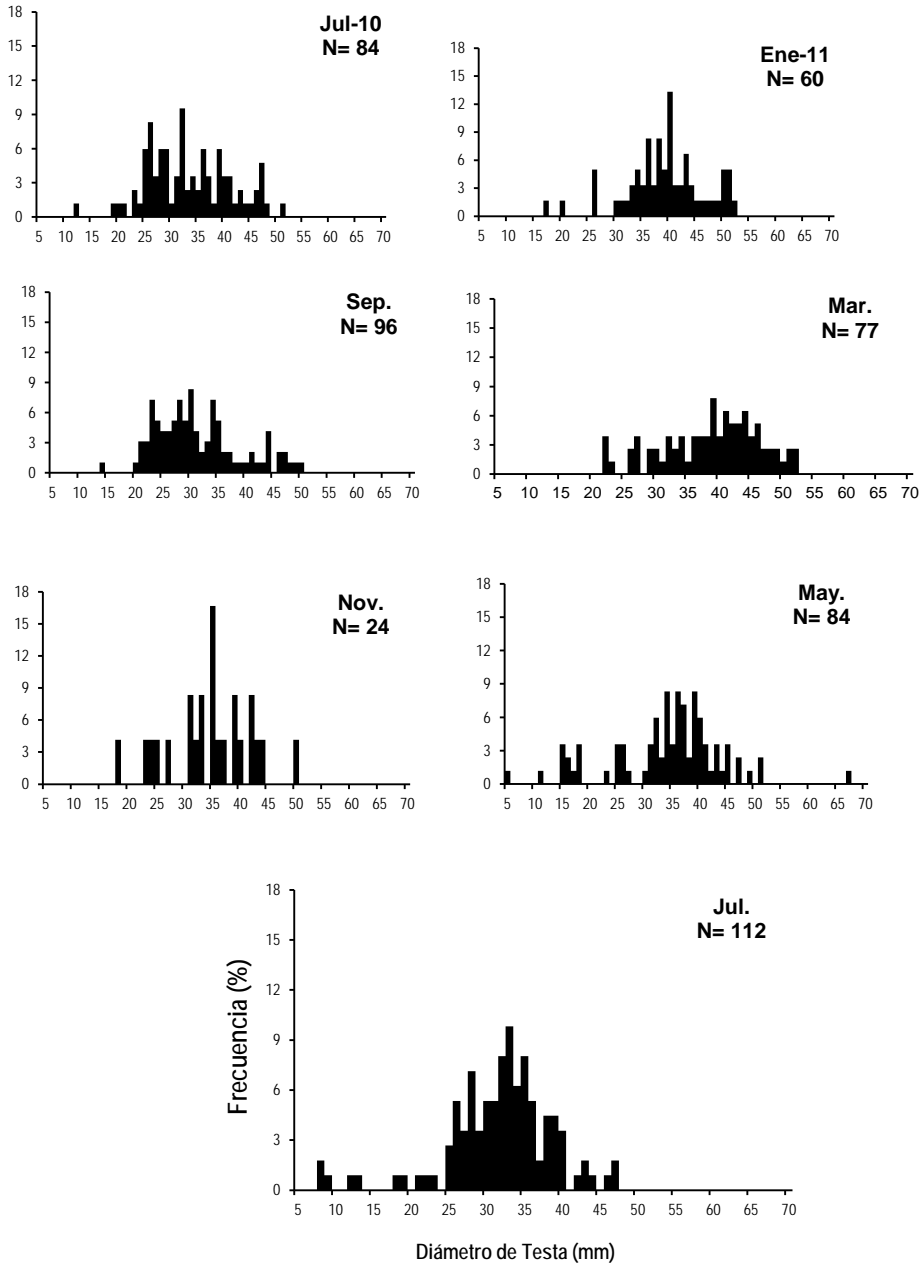


Figura 3. Histogramas de Frecuencia de Talla (DT en mm) de *Echinometra lucunter* en la Ensenada de Turpialito.

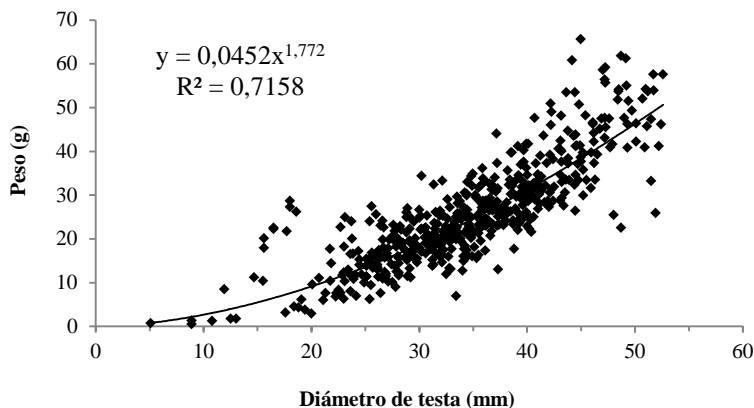


Figura 4. Relación diámetro-peso de *Echinometra lucunter* en la Ensenada de Turpialito.

Tabla 1. Valores promedio de *Kn* de *Echinometra lucunter* en la Ensenada de Turpialito.

Época	Mes	Ind.	Peso	Media	Mín.	Máx.	DE	EE
E	jul-10	84	25,65	1,13 ^{a,b}	0,57	9,28	0,95	0,11
E	sep.	96	25,91	1,18 ^a	0,52	2,03	0,27	0,02
E	nov.	24	22,68	0,87 ^b	0,46	1,67	0,24	0,05
S	ene-11	60	30,29	0,96 ^{a,b}	0,13	1,45	0,26	0,03
S	mar.	77	31,11	0,98 ^{a,b}	0,51	1,78	0,21	0,02
E	may.	84	23,94	1,12 ^{a,b}	0,30	3,56	0,74	0,08
E	jul.	112	32,23	1,02 ^{a,b}	0,20	1,71	0,26	0,02

Época: Surgencia (S) Estratificación (E); Número de individuos (Ind), Desviación estándar (DE), Error estándar (EE). Super índices diferentes indican $p < 0,05$ para una prueba *a posteriori* de Tukey.

DISCUSIÓN

La densidad de *E. lucunter* encontrada en la Ensenada de Turpialito es baja en comparación con otras localidades del Caribe como Bermudas 25 - 30 ind/m² (Hunt, 1969), Cuba 53 ind/m² (Nodarse, 2001), Islas Vírgenes 28 ind/m² (Kunz y Collins, 1974) y Colombia 46 ind/m² (Monroy y Solano, 2005). En cuanto a Venezuela, es similar a lo reportado por Gómez-Maduro y Hernández-Ávila (2015) quienes señalan 8,80 ind/m² para la bahía de Tunantal. No obstante, al contrastar con el trabajo realizado en la Ensenada de Turpialito por Pompa *et al.* (1989), se aprecia una disminución del 23% en las últimas dos décadas.

La abundancia de equinodermos en ambientes rocosos depende principalmente de la heterogeneidad del hábitat (Pompa *et al.* 1989). La presencia de rocas de diferentes tamaños y especies de corales, proporciona a los erizos numerosos refugios para protegerse del oleaje, lo cual disminuye sus posibilidades de ser desplazados y les otorga la capacidad de colonizar hábitats que resultan limitados para otras especies (Tuya *et al.* 2007). En este sentido, la disminución de la abundancia de *E. lucunter* en la Ensenada de Turpialito, puede deberse a fluctuaciones naturales en la abundancia de la población, o bien ser consecuencia de la fuerte actividad antrópica a la cual se encuentra sometida la zona, pues a pesar de la prohibición de la pesca de arrastre en Venezuela (Decreto 5.930 con rango, valor y fuerza de Ley de Pesca y Acuicultura, Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.877, de fecha 14 de marzo de 2008), en el oriente del país los pescadores artesanales emplean artes de pesca poco selectivos que modifican el hábitat y reducen el número de refugios disponibles para equinoideos y otros grupos de animales bentónicos cuya captura no está destinada al consumo.

Aun cuando, la abundancia de *E. lucunter* no mostró variaciones significativas, valores mínimos coincidieron con la estratificación, mientras que los máximos con la surgencia costera. Diversos factores bióticos y abióticos pueden determinar la dinámica de las poblaciones bentónicas (Muthiga y Jaccarini, 2005). Márquez *et al.* (2011), confirman para el Golfo de Cariaco y áreas adyacentes, la surgencia costera como un proceso estacional, asociado con cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua, biomasa fitoplanctónica e incremento en la velocidad del viento durante los primeros meses del año. Es probable que altas densidades durante los meses de estratificación pueda obedecer a que esta población adapto su ciclo reproductivo, de modo que el desove ocurra previo a la surgencia costera, esto con el fin de asegurar los recursos energéticos a sus larvas, observación que ha sido señalada en otros trabajos (Mahdavi *et al.* 2008; Reyes *et al.* 2015). En contraste, bajas densidades durante los meses de surgencia costera puede significar la finalización del ciclo reproductivo y el consiguiente desplazamiento de los erizos hacia zonas más profundas, para protegerse del elevado hidrodinamismo característico de este periodo.

El rango de tallas de *E. lucunter* se encuentra dentro lo registrado para el Caribe (Monroy y Solano, 2005), pero la talla promedio es menor a la señalada por Pompa *et al.* (1989) para la misma zona (40 mm). Esto probablemente debido a la actividad antrópica que modifica el hábitat y condicionan la talla máxima de los erizos al tamaño de los refugios disponibles (Nodarse, 2001, Lodeiros *et al.* 2013). En relación a la época, la talla mostró un patrón inverso a la densidad con ejemplares de mayor talla en surgencia costera. El tamaño y grosor de la testa de *E. lucunter* es afectado directamente por la oferta de alimento, condiciones estructurales del hábitat, oleaje y mareas (Kunz y Collins, 1974). Así por ejemplo, en zonas de alta energía, las testas son más pequeñas y gruesas en comparación a zonas de baja energía (Tuya *et al.* 2007). Sin embargo, por requerimientos propios *E. lucunter* es más abundante en aguas someras y con

fuerte hidrodinamismo ya que esto favorece el adecuado intercambio de gases, mayor disponibilidad de nutrientes y eliminación de sustancias de desecho. No obstante, magnitudes muy altas de hidrodinamismo pueden provocar estrés en los erizos y limitar su crecimiento (Nodarse, 2001).

La presencia de tallas grandes en surgencia costera puede deberse a que existe un intervalo crítico de talla dentro del cual los erizos son más susceptibles al hidrodinamismo, por lo que sólo los individuos resistentes pueden colonizar el hábitat con estas condiciones ambientales; mientras que en estratificación el descenso en la talla máxima durante los meses de mayor densidad posiblemente sea un mecanismo de la población para amortiguar efectos adversos de las altas densidades, como la competencia por refugio (Tuya *et al.* 2004).

La relación talla-peso constituye uno de los métodos más utilizados para estimar el crecimiento relativo y biomasa de erizos de mar (González, 2009, Tomšić *et al.* 2010). En la Ensenada de Turpialito, *E. lucunter* mostró un crecimiento alométrico negativo (también llamado minorante), lo cual indica que, a medida que el animal crece sus proporciones corporales se modifican, siendo en este caso representando por un mayor incremento en longitud que peso; de tal manera que, los individuos de mayor talla presentan menor peso. Datos de crecimiento de *E. lucunter* en este estudio son pioneros para Venezuela. No obstante, deben interpretarse con cautela debido a las presiones a las cuales se encuentra sometida la especie. El *Kn* promedio obtenido para la población de Turpialito señala que los erizos poseen un peso ligeramente superior al esperado en relación a sus tallas, lo cual sugiere buenas condiciones de salud según Herrero-Pérezrul y Reyes-Bonilla (2008).

E. lucunter representa una buena alternativa para explotación como recurso pesquero en el noriente Venezuela. Presenta tallas relativamente grandes y buena condición fisiológica, lo cual en caso planes de destinados a la explotación del recurso anticipa una ventaja competitiva frente a otras pesquerías de equinoideos de interés comercial, puesto que se requerirá cosechar menor número de individuos por kilogramo de gónada. Sin embargo, la disminución de su abundancia promueve la urgente necesidad de promulgar de medidas regulatorias como la talla mínima de captura, con el fin de evitar la extracción de juveniles inmaduros y conservar el recurso.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Acuicultura del Instituto Oceanográfico de Venezuela, Estación Hidrobiológica de Turpialito y al Centro de investigaciones ecológicas de Guayacán Universidad de Oriente, Venezuela. Este estudio forma parte de la tesis doctoral de J. L. Reyes-Luján y fue subvencionado por los proyectos sobre el uso y aprovechamiento de erizos regulares en el Noriente de Venezuela (LOCTI –SIDCAI, 2010-2011 y PEII, No. 3893 2012-2014).

REFERENCIAS

- Alvarado J. (2011). Echinoderm diversity in the Caribbean Sea. *Marine Biodiversity*, 41:261–285.
- Amaro M. (2009). Echinodermata del Golfo de Cariaco, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Oriente*, 48:137-142.
- Astudillo D., Rosas J., Velásquez A., Cabrera T., Maneiro C. (2005). Crecimiento y supervivencia de larvas de *Echinometra lucunter* (Echinoidea: Echinometridae) alimentadas con las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana*. *Revista de Biología Tropical*, 53:377-344.
- Cruz-Motta J. (2007). Análisis espacial de las comunidades tropicales intermareales asociadas a los litorales rocosos de Venezuela. *Ciencias Marinas*, 33:133–148.
- Gómez M., Hernández I. (2011). Equinodermos de la bahía de Tunantal, estado Sucre, Venezuela. *Boletín del Instituto de Oceanografía de la Universidad de Oriente*, 50:209-231.
- González J. (2009). Contribución al conocimiento del erizo de mar *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en el Mar Cantábrico: Ciclo gonadal y dinámica de poblaciones. Tesis Doctoral, Universidad de Cantabria, Santander, España.
- González S. (2004). Biología poblacional del erizo *Echinometra vanbrunti* (Echinodermata: Echinoidea), en el sur del Golfo de California, México. Tesis de Maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C, La Paz, México.
- Gómez-Maduro M., Hernández-Ávila I. (2015). Comunidades de equinodermos en la región de Tunantal, Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 63(2):195-207.
- Hendler G., Miller J., Pawson D., Porter, K. (1995). Sea Stars, Sea Urchins, and Allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Herrero-Pérezrul M. y Reyes-Bonilla H. 2008. Weight-Length relationship and relative condition of the holothurian *Isostichopus fuscus* at Espíritu Santo Island, Gulf of California, México. *Rev. Biol. Trop.* 56:273-280.
- Hunt, M. (1969). A preliminary investigation of the habits and habitat of the rock boring urchin, *Echinometra lucunter*, near Devonshire Bay, Bermuda, In: Ginsberg R., Garrett P. (Eds.).

The 1968 Seminar on Organism- Sediment Relationships. Bermuda Biological Station for Research, St George's West. pp:35-40.

Kunz N., Collins P. (1974). Population distribution and size class structure of *Echinometra lucunter* on beachrock at Boiler Bay, St. Croix, U.S. Virgin Islands. In: Abbott D., Odgen J., Abbott I. (Eds.). Studies on the Activity Pattern, Behavior, and Food of the Echinoid *Echinometra lucunter* (Linnaeus), on Beachrock and Algal Reefs at St. Croix, U.S Virgin Islands. West Indies Laboratory: Fairleigh Dickinson University. pp:21-26.

Lawrence J. (2007). Edible sea urchins: use and life-history strategies. In J. M. Lawrence (Ed.), Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Elsevier, Amsterdam. pp:1-9.

Lodeiros C., Martín A., Francisco V., Noriega N., Díaz Y., Reyes J., Alió J. (2013). Echinoderm from Venezuela: Scientific recount, diversity and distribution. En: J.J. Alvarado., F.A Solis-Marin (Eds.), Echinoderm Research and Diversity in Latin America, Springer, Berlin. pp:235-275.

Mahdavi N., Haghghat Z., Karamzadeh S., Naseri F., Esteki A., Rameshi H. (2008). Reproductive cycle of the sea urchin *Echinometra mathaei* (Echinodermatidea) in the Persina Gulf, Iran. *Journal of Biological Science*, 8:1138-1148.

Márquez A., Senior W., Benítez A., Férmin I., Martínez G., González A., Castañeda J., Alcalá L., De la Cruz R. 2011. Sector oriental del Golfo de Cariaco, Venezuela. Una descripción de su dinámica hidroquímica, procesos, y del rol de la surgencia costera estacional. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*. 50:255-272.

Monroy M., Solano O. (2005). Estado poblacional de *Echinometra lucunter* (Echinoida: Echinometridae) y su fauna acompañante en el litoral rocoso del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 53:291-297.

Muthiga M., Jacarrini V. (2005). Effects of seasonality and population density on the reproduction of the Indo-Pacific echinoid *Echinometra mathaei* in Kenyan coral reef lagoons. *Marine Biology* 146:445-453.

Nodarse, A. (2001). Abundancia y distribución del erizo *Echinometra lucunter* (Linnaeus) (Echinodermata, Echinoidea) en un arrecife del litoral norte de ciudad de la Habana. *Revista Investigaciones Marinas*, 22:107-115.

- Pompa L., Prieto A., Manrique, R. (1989). Abundancia y distribución espacial en una población del erizo *Echinometra lucunter* (L.) en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Acta Científica Venezolana*, 40:289-294.
- Reyes J., Arrieche D., Zapata-Vívenes E., Barrios J., Salgado W., Lodeiros C. (2015). Ciclo gametogénico del erizo marino *Echinometra lucunter* (Echinometra: Echinoidea) en el Noriente de Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 63:273- 283.
- Sparre P. Venema S. (1995). Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. DANIDA- FAO. Roma, Italia.
- Tomšić S., Conides A., Dupčić radić I., Glamuzina, B. (2010). Growth, size class frequency and reproduction of purple sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Bistrina (Adriatic Sea, Croatia). *Acta Adriatica*, 51:67-77.
- Tuya F., Boyra A., Sánchez-Jerez P., Barbera C., Haroun, R. (2004). Relationships between rocky-reef fish assemblages, the sea urchin *Diadema antillarum* and macroalgae throughout the Canarian Archipelago. *Marine Ecology Progress Series* 278:157-169.
- Tuya F., Cisneros-Aguirre J., Ortega-Borges L., Haroun R. (2007). Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canarian archipelago: Role of flow-induced forces. *Estuar. Coast Shelf Sci*, 73:481-488.
- Zoppi E. (1967). Contribución al estudio de los equinodermos de Venezuela. *Acta Biológica de Venezuela*, 5:267-283.

Extracción de colágeno en medio ácido de la piel de la cola de atún (*Thunnus atlanticus*)

Chacón, A., Moreno, S., Mostué, M.

Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, estado Sucre, Venezuela, Apartado postal 6101.

✉ shaililiko@yahoo.com

RESUMEN

Se optimizaron los parámetros del método extracción de Bryan y Baile (1978) para obtener el colágeno de la piel de la cola de atún (*Thunnus atlanticus*) soluble en ácido acético 1,5 y 5,0% v/v, utilizando esta parte del pescado la cual conforma los residuos de la industria pesquera. Se midieron parámetros fisicoquímicos como porcentaje de humedad, residuos sólidos y pH, encontrando que la muestra en ácido acético 1,5% v/v cumplió con el pH establecido por las normas para ser usado como producto cosmetológico. Por otra parte, el % de humedad de las muestras a 1,5 y 5,0% v/v fue 90,050 y 90,970% respectivamente, resultando menores al valor de los estándares, mientras que los datos de residuos sólidos (9,683 % para el colágeno al 1,5% v/v) están por encima de éstos. El análisis cualitativo de varios elementos por ICP-OES, mostró la presencia de Co, Pb, Cd, Ni, Si, Mn, Fe, Cr, Cu, y ausencia de Hg, Zn y Al. Algunos de estos metales (Fe y Mn) funcionan como cofactores en diversas reacciones químicas producidas por el colágeno; mientras que el Si podría formar parte de la estructura molecular del colágeno. Con esta técnica se determinó cuantitativamente el Pb, destacando que los colágenos analizados contienen concentraciones muy bajas de dicho metal, lo que sugirió una mínima toxicidad y, en consecuencia, este colágeno podría ser usado en la industria cosmetológica o farmacéutica. También se identificaron los aminoácidos glicina y prolina por cromatografía de papel en ambas muestras analizadas. Esta investigación es un aporte importante, al estudio de las características químicas del colágeno de la piel de la especie marina *T. atlanticus*, de las costas del estado Sucre, Cumaná Venezuela, que podría ser utilizado como un producto comercial farmacológico, ya que a pesar de la presencia de metales en el colágeno, los niveles de plomo no representan toxicidad, y la ausencia de mercurio indica que la extracción en un ácido débil es factible para obtenerlo por debajo de 50°C, y ser usado para fines comerciales, contribuyendo además, a la disminución de la contaminación ambiental costera, si los pasivos ambientales (aletas, piel, escamas y vísceras) provenientes de las empresas pesqueras pudieran ser utilizados en la producción de colágeno.

Palabras clave: Colágeno, piel de pescado, Cola de atún, *Thunnus atlanticus*.

INTRODUCCIÓN

El colágeno es la proteína más abundante de origen animal (Murray *et al.*, 2004), y constituye entre el 25 y 30% de todas las proteínas de los organismos animales, representa un componente importante de los tejidos conectivos del cuerpo (músculos, dientes, huesos y piel), y se concentra especialmente en los tejidos asociados a la piel y los huesos, así como en el tejido intersticial de todos los órganos, donde contribuye a la estabilidad de los tejidos y órganos, y mantiene su estructura e integridad (Gelse & Pöschl., 2003).

Gracias a sus características químicas únicas, el colágeno se ha utilizado en diversos campos de la industria, con aplicaciones en materiales biomédicos, en la industria farmacéutica, cosmética y en alimentos (Potaros & Raksakulthai., 2009). Actualmente la producción de colágeno tiene gran importancia, ya que es una materia prima óptima para diferentes productos cosméticos y farmacéuticos, y también es un componente principal de productos de mayor valor agregado, como los que son aplicados en la ingeniería de tejidos y el tratamiento de heridas. Para estas aplicaciones tradicionalmente se ha empleado el colágeno de origen bovino y porcino, pero ya se han realizado diferentes análisis de la utilización de fuentes diferentes como la piel de pescado, lo cual ha resultado satisfactorio.

El colágeno de origen de piel de pescado ha tomado mucha importancia y, a la vez, se ha convertido en una solución al problema ambiental de las empresas de procesamiento de pescado. En la producción de filete, se generan residuos como la piel, los huesos, escamas, vísceras y cabeza, que constituyen entre 50-70% del peso total de la materia prima. Al aumentar la producción de filete también habrá un aumento de residuos (Serrano, 2011).

El atún es una especie que se encuentra distribuida en los mares del mundo. Las características morfológicas de estos peces les permiten ser buenos nadadores; tienen cuerpo fusiforme, cabeza pronunciada en forma de pirámide triangular, y su piel está lubricada con un "mucus" que reduce la fricción con el agua. La clasificación científica del *Thunnus atlanticus* lo ubica en el reino: Animalia; filo: Chordata; clase: Actinopterygii; orden: Perciformes; familia: Scombridae; género: *Thunnus* y especie: *atlanticus* (Cervigón, 1998).

Con base en esto, se realizó un estudio del colágeno soluble en ácido acético en la piel de la cola de atún (*Thunnus atlanticus*), especie marina que se captura en las márgenes del mar Caribe, y en la zona costera del estado Sucre, Venezuela y el estudio de su colágeno permitió evaluar las características química de esta proteína, lo cual propiciará su uso en la industria como un material tecno-funcional y darle valor agregado a la pesquería e impulsar un desarrollo sustentable y redituable para el futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tratamiento de Muestra

El atún que se utilizó se compró en el mercado municipal de la ciudad de Cumaná, estado Sucre, Venezuela. Los ejemplares se seleccionaron de edad adulta con una longitud entre 70 y 90 cm de longitud (medidos desde la boca hasta la aleta caudal). Para la extracción del colágeno se procesaron las pieles de tres colas, parte posterior del cuerpo del pescado. Estas se cortaron y se separaron de los residuos de carne raspándolas con un cuchillo, luego fueron cortadas y lavadas con varias porciones de agua destilada, finalmente se guardaron bajo refrigeración hasta el momento de la extracción del colágeno.

Extracción

La técnica de Bryan y Bailey (1978) se utilizó para la extracción del colágeno soluble con ácido acético a 1,5 y 5,0 % V/V. Todo el proceso se llevó a cabo a una temperatura de aproximadamente 4 °C; con 6 muestras de piel de 3,0 g c/u, que se lavaron con dos porciones de 20 ml de solución de NaCl 0,15 mol/l, y tres de estas muestras se suspendieron c/u en 30 ml de ácido acético 1,5 % V/V, mientras que las otras 3 muestras se suspendieron en el mismo volumen de solución de ácido acético pero de concentración 5,0 % V/V, y se refrigeraron a 5 °C por 48 horas. Todas las soluciones se filtraron y los residuos insolubles se extrajeron secuencialmente (máximo 4 veces) por 24 horas con sus respectivos solventes. Se reunieron los filtrados y el colágeno se precipitó con solución de NaCl 2,0 mol/l. La separación del colágeno soluble en ácido se realizó por centrifugación (centrifuga Eppendorf, modelo 5702R, refrigerada), programando la centrifuga a 3000 rpm por 5 minutos, cuya temperatura osciló entre 21 °C y 5 °C. De esta forma se obtuvo el colágeno nativo, manteniéndose bajo refrigeración hasta su purificación.

Purificación

Los diferentes extractos colagénicos se dializaron con papel celofán incoloro sumergido en agua destilada fría, empleando un sistema de mezclado continuo con agitador magnético durante 4 horas, cambiando el agua cada hora y se monitoreo el contenido salino del agua del lavado al hacerse reaccionar con AgNO₃. El colágeno purificado se guardó bajo refrigeración para los análisis posteriores.

Hidrólisis del colágeno y cromatografía

El colágeno se hidrolizó mediante reflujo por una hora a 100 °C, con una solución de HCl

19,0 %V/V. El hidrolizado se refrigeró para realizar análisis de aminoácidos por cromatografía de papel, para identificar los aminoácidos glicina y prolina en ambas muestras analizadas, al comparar los factores de retención (R_f) experimentales con los teóricos. Se emplearon patrones de glicina y de gelatina comercial, la cual contiene todos los aminoácidos. La fase móvil fue una mezcla de solventes: n-butanol: agua: ácido acético (4:1:1) y como revelador se utilizó una solución de ninhidrina 0,2 % m/v en etanol.

Determinación de humedad

Inicialmente se lavaron, secaron y pesaron las cápsulas o crisoles de porcelana a usar en el análisis. Luego se pesaron 6muestras de 1,0 g de cada colágeno extraído con ácido acético 1,5 y 5,0 %V/V y fueron colocadas en una estufa modelo J.P. Selecta, a 50 °C, por 3 horas. Transcurrido este tiempo las cápsulas se colocaron en un desecador por 20 minutos y se pesaron. Luego se repitió el procedimiento por una hora hasta alcanzar un peso constante. Se determinó el porcentaje de humedad para cada una de las muestras de colágeno.

Determinación de pH

Se tomaron 2,0 ml de cada muestra de colágeno líquido se les midió el pH con un pHmetro, marca Denver modelo Ultra Basic.

Espectrometría de emisión Óptica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-OES)

Se realizaron los análisis con un Espectrómetro de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES), marca Perkin Elmer modelo Optima 5300 DV. Se utilizó 1,0 g de cada muestra de colágeno (1,5 %V/V y 5,0 %V/V en ácido acético) y se disolvieron con 5,0 ml de HNO₃ concentrado, se calentaron por 20 minutos a 60° C, luego se enrasaron hasta 10 ml con agua desionizada. Se determinaron las concentraciones de plomo (Pb) y además se realizó un análisis cualitativo de los siguientes elementos químicos: Zinc (Zn), Cadmio (Cd), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cobalto (Co), Manganeseo (Mn), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Mercurio (Hg), Aluminio (Al), Hierro (Fe) y Silicio (Si) de las soluciones. Se aplicó el control de calidad de las medidas, curva de calibración, límite de detección, precisión y exactitud en el ICP-OES.

Se midieron parámetros fisicoquímicos como porcentaje de humedad, residuos sólidos y pH. El análisis cualitativo de varios elementos por ICP-OES.

RESULTADOS

En el proceso de obtener los extractos colagénicos, solubles en ácido acético a 1,5 y

5,0% V/V, fue necesario tener en cuenta varias consideraciones. Los métodos más utilizados para la separación de proteínas puras se basan en su distinta solubilidad a determinadas condiciones: concentración de reactivos temperatura, pH próximo o alejado de su punto isoeléctrico y la fuerza iónica del medio, de modo que, por regla general se favorece la eliminación de materiales no colagenosos que pueden interferir en el proceso. En este estudio los residuos no colagenosos fueron removidos de la materia prima con lavados de solución de NaOH 0,1 mo/l, previo a la extracción de la muestra. Otras investigaciones han reportado lavados con las mismas soluciones variando el tiempo de exposición (Wang *et al.*, 2008).

En este sentido, la piel se extrajo bajo dos concentraciones diferentes de acidez y se realizaron 4 extracciones sucesivas (una por 48 h y las otras cada una por 24 h). Durante las primeras 48 horas del proceso se pudo observar el hinchamiento de la piel, causado por la separación entre el colágeno y el resto del tejido de la piel, con las soluciones de ácido acético. Los solventes ácidos diluidos son usados en la metodología de Bryan y Bailey (1978), para disolver la mayor parte del colágeno puro, aunque se limita a la porción de colágeno no entrecruzado (figura 1), con excepción de las fibras entrecruzadas, que pueden estar prevalentes debido a su labilidad frente al pH del solvente (3,0), el cual disocia a dichos enlaces y por efectos de las fuerzas repulsivas de las cadenas de la triple hélice, causan el hinchamiento de las estructuras fibrilares (Fratzl, 2008).

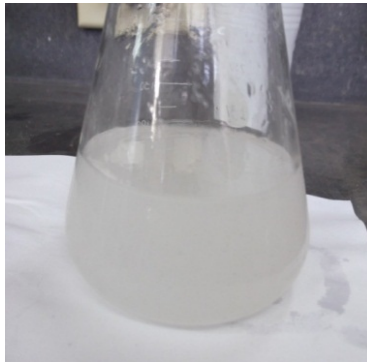


Figura 1. Extracto de colágeno de la piel de atún (*Thunnus atlanticus*) en solución de ácido acético.

Por lo tanto, se solubilizó el colágeno con ácido acético 1,5% V/V y de modo contrario con concentraciones más altas, 5,0 % V/V se debilitaron las uniones hidrófobas dentro de la triple hélice o tropocolágeno, ya que estas interacciones entrecruzadas son menos lábiles que aquellas encontradas en el exterior de estas fibras y quedaron sujetas a la alta concentración del solvente de extracción. Con base en esto, se puede inferir que el extracto colagénico con mayor porcentaje de colágeno nativo puro fue el extraído con el ácido acético diluido. El colágeno es habitualmente precipitado utilizando concentraciones de soluciones conocidas de cloruro de

sodio (Figura 2), el cual constituye uno de los métodos mayormente sugeridos. En solución neutral fría de cloruro de sodio 2,2; 4,4 y 1,5 mol/l precipitan los colágenos tipo I, II y III respectivamente (Devlin, 1980).



Figura 2. Colágeno de la piel de atún (*Thunnus atlanticus*) precipitado con cloruro de sodio 2,0 mol/l

A las muestras de colágenos precipitadas se le midieron parámetros fisicoquímicos como porcentaje de humedad, residuos sólidos y pH, encontrando que la muestra en ácido acético 1,5% v/v cumplió con el pH establecido por las normas para ser usado como producto cosmetológico. Por otra parte, el % de humedad de las muestras a 1,5 y 5,0% v/v fue 90,050 y 90,970% respectivamente, resultando menores al valor de los estándares, mientras que los datos de residuos sólidos (9,683 % para el colágeno al 1,5% v/v) están por encima de éstos. El análisis cualitativo de varios elementos por ICP-OES, mostró la presencia de Co, Pb, Cd, Ni, Si, Mn, Fe, Cr, Cu, y ausencia de Hg, Zn y Al. Algunos de estos metales (Fe y Mn) funcionan como cofactores en diversas reacciones químicas producidas por el colágeno; mientras que el Si podría formar parte de la estructura molecular del colágeno. Con esta técnica se determinó cuantitativamente el Pb, destacando que los colágenos analizados contienen concentraciones muy bajas de dicho metal, lo que sugirió una mínima toxicidad y, en consecuencia, este colágeno podría ser usado en la industria cosmetológica o farmacéutica. También se identificaron los aminoácidos glicina y prolina por cromatografía de papel en ambas muestras analizadas.

CONCLUSIONES

Se optimizó el proceso de extracción de la piel de la cola de atún (*T. atlanticus*), a través de la variación de la concentración de ácido acético (1,5% y 5,0% V/V). Obteniéndose que el colágeno soluble en la menor concentración de ácido presentó las siguientes propiedades fisicoquímicas: tuvo menor porcentaje de humedad y el pH apropiado para ser usado como producto cosmetológico según las NTC.

Esta investigación es un aporte importante, al estudio de las características químicas del colágeno de la piel de la especie marina *T. atlanticus*, de las costas del estado Sucre, Cumaná

Venezuela, que podría ser utilizado como un producto comercial farmacológico, ya que a pesar de la presencia de metales en el colágeno, los niveles de plomo no representan toxicidad, y la ausencia de mercurio indica que la extracción en un ácido débil es factible para obtenerlo por debajo de 50°C, y ser usado para fines comerciales, contribuyendo además, a la disminución de la contaminación ambiental costera, si los pasivos ambientales (aletas, piel, escamas y vísceras) provenientes de las empresas pesqueras pudieran ser utilizados en la producción de colágeno.

REFERENCIAS

- Bryan, C. and Bailey, A. 1978. Molecular weight heterogeneity of the alpha-chain sub-units of collagen. *Biochemical and biophysical Research communications*. 43 (2): 31-234.
- Cervigón, F. 1998. Los peces marinos de Venezuela. Fundación Científica Los Roques. 2da edición. Vol. II. Caracas. Venezuela.
- Devlin, T. 2004. Bioquímica, libro de texto con aplicaciones clínica. Editorial Reverté, S.A.
- Fratzl, P. 2008. Collagen structure and mechanics. Science Business Media, LLC. New York.
- Gelse, K. and Pöschl, E. 2003. Collagens structure, function, and biosynthesis. *Advanced Drug Delivery Reviews* 55:1531-1546.
- Murray, R., Kennely, P., Benden D., Rodwel, V., Bothan, K. y Weil, A. 1998. Bioquímica de Harper. Editorial El manual Moderno, S.A., Caracas, Venezuela.
- Potaros, T. and Raksakulthai, N. 2009. Characteristics of collagen from Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin isolated by two different methods. *Kasetsart Journal* 43:584-593.
- Serrano, J. 2011. Standardization of a process for extracting collagen from filleting waste from tilapia (*Oreochromis sp*) and cachama (*Piaractus brachypomus*). National University of Colombia. Bogotá-Colombia.
- Wang, L and An, X. 2008. Isolation and characterization of collagens from the skin, scale and bone of deep-sea redfish (*Sebaste mentella*). *Food Chemistry*. 108 (2):616-623.

Aplicación de la genómica poblacional en la trazabilidad del origen geográfico del berberecho común, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758)

Javier Quintero y Manuel Rey-Méndez

Laboratorio de Sistemática Molecular e Instituto de Acuicultura. Departamento de Bioquímica e Biología Molecular. CIBUS. Campus Vida. Universidad de Santiago de Compostela. 15782- Santiago de Compostela, A Coruña (España).

✉: javier.quintero@usc.es; manuel.rey.mendez@usc.es

RESUMEN

Cerastoderma edule (Linnaeus, 1758) se explota y comercializa a lo largo de las costas europeas, pero el origen geográfico está ligado a diferentes valoraciones del recurso, siendo el de origen gallego el que tiene un mayor aprecio por los consumidores, por lo que es habitual que tanto en las ventas en fresco como en los berberechos procesados, enlatados fundamentalmente, se produzcan etiquetados ilegales o confusos para hacer creer que el producto está extraído en Galicia. Para facilitar la identificación de los diferentes orígenes del producto y la valorización de este recurso marino económicamente relevante para Galicia, se evaluó una metodología basada en el ADN con el fin de caracterizar las poblaciones de *Cerastoderma edule* de los diferentes orígenes geográficos. El protocolo ddRAD se utilizó para obtener una serie de SNP de diagnóstico poblacional, siendo interrogado por un ensayo de discriminación de alelos. Esta metodología apoyará una prueba de diagnóstico para el origen geográfico dentro de un contexto de trazabilidad completo para el berberecho común, *Cerastoderma edule*, de la costa gallega.

Palabras clave: ADN, diagnóstico poblacional, moluscos bivalvos, denominación de origen.

INTRODUCCIÓN

El berberecho común, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758), se distribuye principalmente a lo largo de la costa del Atlántico Norte de Europa y África. Tanto la captura como la acuicultura apoyan su comercialización (FAO, 2018) principalmente en el norte de Europa (Islas Británicas, Países Bajos y Francia), y en el sur de Europa (España y Portugal), existiendo una diversidad de manejos de pesquerías, estrategias de comercialización y conocimientos tradicionales. Las figuras de calidad, concretamente, la "Denominación de origen protegida" y la "Indicación geográfica protegida" (Reglamento CE Nº 510/2006 del Consejo; Reglamento CE Nº 1898/2006 de la Comisión; Directiva 2000/13 / CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de marzo de 2000), permiten la diferenciación entre estas diversas fuentes comerciales y la valorización de este recurso marino económicamente relevante que está vinculado a su origen geográfico.

El proyecto concedido por el GALP Costa Sostible VALOBER.GAL “Valorización del berberecho *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758) de la costa gallega, mediante un marcador de identidad de su origen geográfica”, que financió este trabajo, fue solicitado por la Cofradía de Pescadores de Noia, entidad principal en la extracción de berberechos que representaba (en 2017) el 71,20% de la producción total de berberechos de Galicia, con un valor de 11,5 millones de euros (72,42% del valor económico total de Galicia), siendo apoyado por nueve Cofradías de Pescadores más de toda Galicia, con el fin de estudiar la posible diferenciación biológica de sus poblaciones de berberechos del resto de las poblaciones comercializadas y con origen fuera de Galicia. La trazabilidad documental de un recurso a lo largo de toda la cadena comercial no garantiza la corrección total de la información proporcionada, por ello, es esencial crear herramientas empíricas para verificar esta información.

Existe un conjunto de herramientas poderosas basadas en la diferenciación genética de los recursos (Quinteiro *et al.* 2008), centrándose varios estudios en la genética de poblaciones de *Cerastoderma edule* utilizando secuencias mitocondriales, secuencias ITS y marcadores STR. La estructura poblacional estimada define los grupos a nivel europeo, pero sugiere una ausencia de diferenciación entre las poblaciones geográficamente más cercanas (Vergara-Chen *et al.* 2014, Tarnowska *et al.* 2012, Martínez *et al.* 2013, Martínez *et al.* 2015, Martínez *et al.* 2009, Ladhari-Chaabouni *et al.* 2010, Krakau *et al.* 2012). Estos trabajos y otros datos anteriores permitieron la diferenciación entre grupos geográficamente distantes, sin embargo, la trazabilidad y certificación de una figura de calidad asociada a una ubicación geográfica concreta requiere la resolución más alta que se pueda lograr con las metodologías basadas en el ADN.

Los enfoques de secuenciación basados en el análisis de una representación reducida del genoma, permiten el acceso a una cantidad considerable de datos genómicos a un costo reducido para proyectos pequeños/medianos. En este caso, se seleccionó la metodología ddRAD (Peterson *et al.* 2012), combinada con una estrategia de agrupación, para obtener una serie de posiciones informativas útiles para la caracterización de la población de berberechos comunes, *Cerastoderma edule*, en la Ría de Muros-Noia (Galicia, España).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo un conjunto de tres muestras de individuos (cada una con $N = 10$) de *Cerastoderma edule* (Figura 1) procedentes de Aveiro (Portugal), Noia (Galicia, España) y Le Croisic (Francia). El ADN total del conjunto de los 10 individuos de cada una de las poblaciones se aisló con el kit EZNA Mollusk Tissue kit (Omega Biotek). El ADN se ajustó equitativamente mediante PCR cuantitativa utilizando un sistema SYBRGreen (Power SYBRGreen, ThermoFisher

Scientific) ubicado en el gen EF1a. Se utilizó un microgramo de ADN de alta calidad, de cada uno de los 10 individuos analizados por ubicación geográfica, para la construcción de una biblioteca específica de la ubicación.



Figura 1. Origen geográfico de las tres muestras de berberecho, *Cerastoderma edule*, usadas en el presente estudio. © Google Earth.

El transcriptoma de *Cerastoderma edule* (González *et al.* 2015) se editó con Trimmomatic (Bolger *et al.* 2014) y se ensambló con Trinity (Haas *et al.* 2013). Estos contigs constituyen la plantilla para la evaluación en el diseño del protocolo ddRAD. La búsqueda en Rsites de ddRADseqTools (Mora-Márquez *et al.* 2017) permitió evaluar enfoques alternativos de digestión RE. El ADN genómico se digirió con las enzimas EcoRI y HindIII (NEB) y se seleccionó el tamaño electroforético (400-600 pb de longitud). Los fragmentos se ligaron con un adaptador, se agregó un índice dual por PCR (Phusion Polymerase) y se cuantificaron por PCR en tiempo real con el kit de cuantificación KAPA Library para plataformas Illumina. Se secuenció un grupo de las tres bibliotecas específicas de cada localización de muestreo en la plataforma Illumina MiSeq, utilizando lecturas de secuenciación de 250 pb de extremo pareado.

Los datos sin procesar se evaluaron con FastQC (Brown *et al.* 2017). Para eliminar los adaptadores ddRAD (Mora-Márquez *et al.* 2017) se usó process_radtags del paquete Stacks (Catchen *et al.* 2011). Se siguió la pipeline dDocent (Puritz *et al.* 2014) para agrupar, ensamblar y determinar los SNPs. Debido a la condición combinada de los datos, se obtuvieron diversos estimadores genéticos del software Popoolation2 (Kofler *et al.* 2011). Los valores F_{st} de la población por pares también se estimaron con la función R "poolfst" (Hivert *et al.* 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de transcriptoma disponibles (González *et al.* 2015) se ensamblaron en 90.378 contigs (201-983,9pb de longitud) y cuando estas secuencias se concatenaron, se obtuvo un

contig de 39.781.356pb de longitud. Este "genoma compacto virtual" se evaluó con una alternativa RE en una simulación de ddRAD (Mora-Márquez *et al.* 2017), y se seleccionó la combinación Eco RI/Hind III (NEB).

Un valor promedio de 6,58 (\pm 1,27) millones de lecturas pareadas (251 pb de longitud), se mantuvo después de la eliminación del adaptador y la filtración de calidad (Figura 2) de cada una de las bibliotecas específicas de los puntos de muestreo. La fusión de lectura pareada resultó en 2,6; 3,3 y 4,3 millones de pares alineados (Phred > 33) para las bibliotecas A02 (Aveiro, Portugal), L02 (Le Croisic, Francia) y N03 (Noia, España), respectivamente. El ensamblaje dió lugar a un conjunto de 21.433 contigs, agrupados en 11.988 clusters cuya concatenación generó una secuencia de referencia artefactual (37% GC). La longitud media del contig fue de 307pb (Figura 3). Solo un número anecdótico de contigs (97) se alineó con los datos del transcriptoma (González *et al.* 2015).

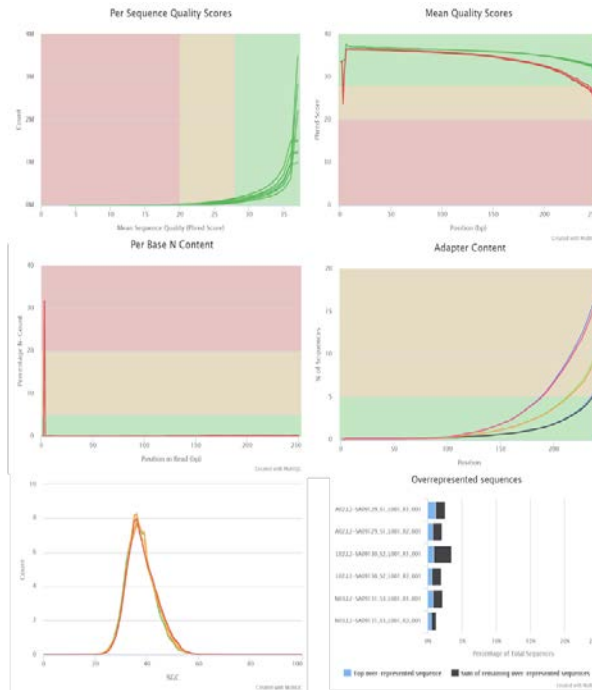


Figura 2. Calidad y otras características de lecturas filtradas de la secuenciación de Illumina de bibliotecas comunes de berberechos.

El conjunto de SNPs incluyó 19.420 posiciones, según el criterio de Popoolation, en las tres muestras evaluadas. Un número de 322 (0,15%) de polimorfismos fijos de la población se estimaron a través de comparaciones entre muestras, aunque la mayoría no son únicas dentro de esas poblaciones.

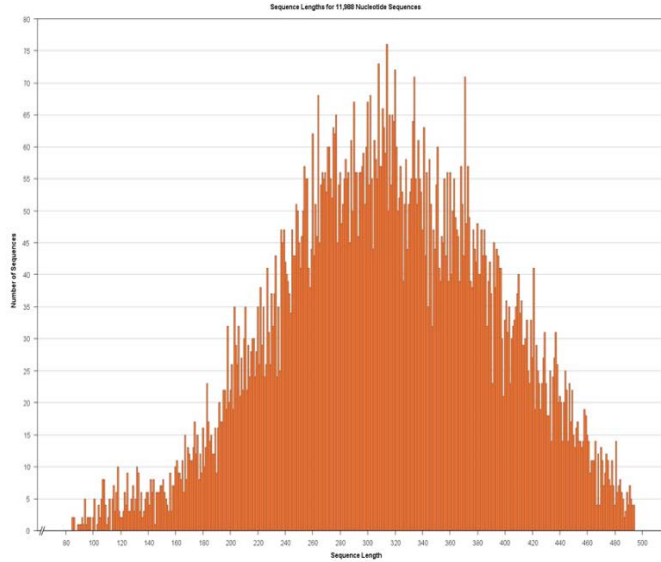


Figura 3. Distribución de tamaño para los contigs obtenidos de las bibliotecas secuenciadas.

Las frecuencias alélicas mostraron valores muy similares para las tres muestras (Figura 4). La diversidad de nucleótidos, estimada individualmente para cada contig, permite la detección de valores extremos en varios contigs (Figura 5) que proporcionan una fuente de variación potencialmente útil.

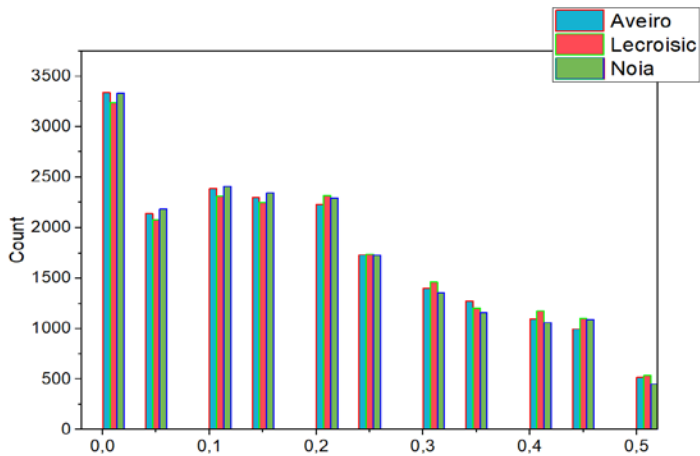


Figura 4. Espectro de frecuencias alélicas para los SNP detectados en las tres muestras analizadas de *Cerastoderma edule*.

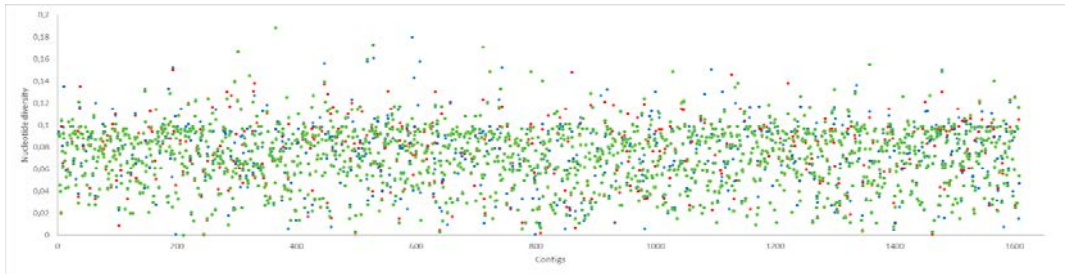


Figura 5. Estimación de la diversidad de nucleótidos para cada uno de los contigs ensamblados considerados por Popoolation. La asignación lineal y secuencial es un artefacto. Código de colores: naranja Aveiro, azul Le Croisic, verde Noia.

El valor F_{st} global (Figura 6) en todos los SNP y muestras fue bajo (0,0239), como se esperaba de los resultados mitocondriales anteriores (Krakau *et al.* 2012, Martínez *et al.* 2013, Martínez *et al.* 2015). La comparación por pares muestra el valor más bajo para la comparación entre Aveiro y Noia, las poblaciones geográficamente más cercanas (0,01647) (Tabla I). La relación entre la distancia y la diferenciación genética se observa mediante el trazado de la distancia geográfica y los valores F_{st} linealizados (Figura 7), lo que probablemente refleja el escenario de aislamiento por distancia en la escala oceánica ya observada para esta especie (Krakau *et al.* 2012; Martínez *et al.* 2013; Martínez *et al.* 2015).

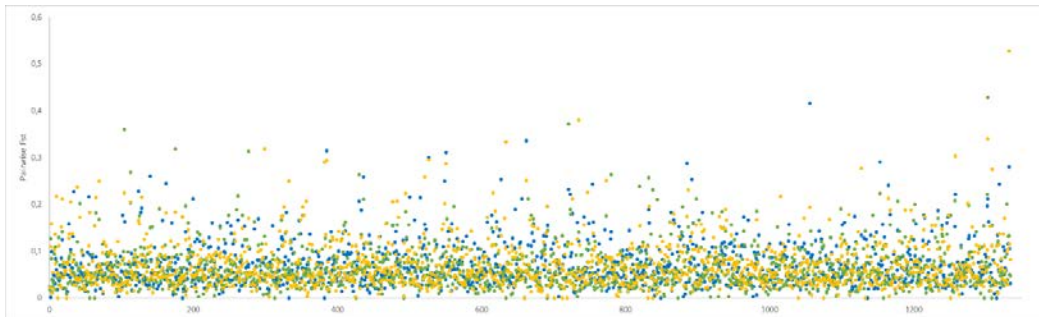


Figura 6. Valores F_{st} por pares de la población para cada contig en una representación concatenada. Colores del código: azul Aveiro a Le Croisic, verde Aveiro a Noia, naranja Le Croisic a Noia.

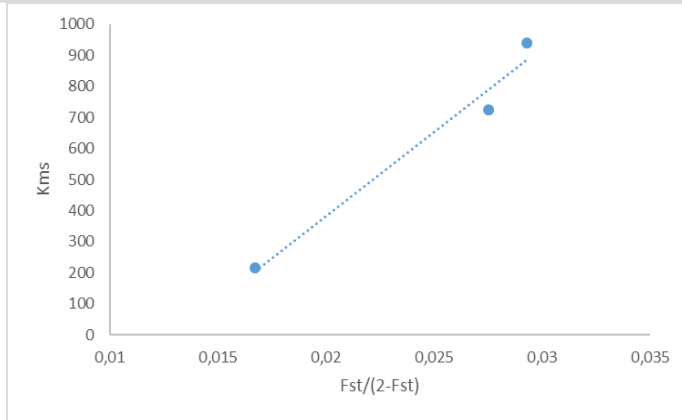


Figura 7. Relación entre distancias geográficas y valores Fst para las muestras de *Cerastoderma edule*. $R^2 = 0,9816$.

Las estimaciones de Fst detalladas para cada contig, sugirieron la presencia de una serie de valores atípicos con valores altos en las comparaciones de interpoblación. Estos contig son candidatos potenciales para mantener polimorfismos de interpoblación útiles, como sugieren los resultados de la llamada variante.

Tabla I. Valores Fst por pares entre muestras de las tres ubicaciones evaluadas.

Muestras		
Aveiro		
Le Croisic	0,02845	
Noia	0,01647	0,026789

Los resultados de la detección de variantes por la pipeline, fue la fuente de SNPs candidatos con potencial utilidad para la discriminación de la población. Los SNPs seleccionados se interrogaron utilizando el ensayo de PCR en tiempo real Taqman, en un panel que contenía individuos de las tres poblaciones analizadas. Por ejemplo, el Locus 1 mostró una clara disminución en la frecuencia de homocigotos para el alelo *Loc1b* en la población de Noia, en comparación con las poblaciones de Aveiro y Le Croisic. Concretamente, solo el 7% de los individuos de Noia eran b/b. En contraste, el 45% y el 37% de los individuos b/b se identificaron en Aveiro y Le Croisic, respectivamente (Figura 8).

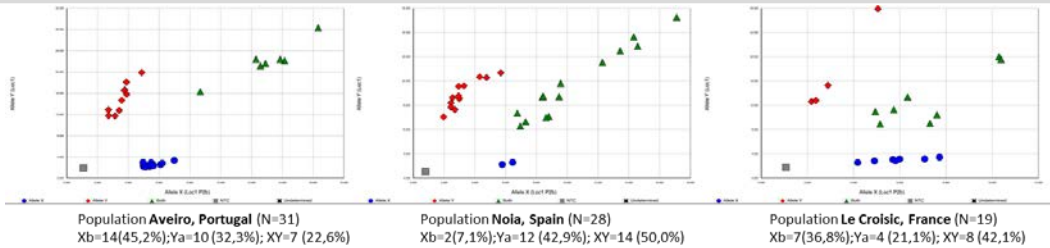


Figura 8. Ensayo de discriminación de alelos utilizando el sistema de PCR en tiempo real Loc1 TaqMan, para un conjunto de individuos pertenecientes a las tres poblaciones analizadas (Aveiro, Noia y Le Croisic).

La interrogación simultánea de un conjunto de SNPs resolutivos permite la asignación inequívoca a la población de Noia. Esta metodología apoyará una prueba de diagnóstico para el origen geográfico dentro de un contexto de trazabilidad completo para el berberecho común de la costa gallega.

CONCLUSIONES

Las secuencias de bibliotecas específicas de la población del berberecho común proporcionan > 10.000 SNPs.

Las poblaciones vecinas (Portugal, Galicia, Francia) están diferenciadas genéticamente.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el proyecto ValoBer.Gal: "VALORIZACIÓN DO BERBERECHO *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758) DA COSTA GALEGA, MEDIANTE MARCADOR DE IDENTIDADE DA SÚA ORIXE XEOGRÁFICA". GALP4.011. Participantes: Confraría de Noia, Confraría de pescadores de Muros, Agrupación de Mariscadores "Río Anllóns", Confraría de Pescadores de Barallobre, Confraría de Pescadores de Espasante, Confraría de Pescadores de Cabo de Cruz, Confraría de Pescadores de Lourizán, Confraría de Pescadores de Pontevedra, Confraría de Pescadores de Raxó, Confraría de Pescadores de Camariñas.

El Centro para la Supercomputación de Galicia (CESGA) y el servidor Galaxy (Universidad de Friburgo) realizaron diversos cálculos utilizados en este trabajo.

Agradecemos a Rodrigo Burgos, Laurent Cortijos y Paulo Mello (Mar de Sensações), por proporcionar muestras de berberecho común aquí analizadas.

REFERENCIAS

- Bolger A.M., Lohse M., Usadel B. (2014). Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics* 30 (15):2114-2120.
- Brown J., Pirrung M., McCue L.A. (2017). FQC Dashboard: integrates FastQC results into a web-based, interactive, and extensible FASTQ quality control tool. *Bioinformatics*.
- Catchen J.M., Amores A., Hohenlohe P., Cresko W., Postlethwait J.H. (2011). Stacks: building and genotyping Loci de novo from short-read sequences. *G3 (Bethesda)*, 1 (3):171-182.
- FAO. *FAO FishFinder - Web Site*. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online], 12 January 2017. 2018 [cited 6 October 2018].
- González V.L., Andrade S.C., Bieler R., Collins T.M., Dunn C.W., Mikkelsen P.M., Taylor J.D., Giribet G. (2015). A phylogenetic backbone for Bivalvia: an RNA-seq approach. *Proc Biol Sci.*, 282 (1801):20142332.
- Haas B.J., Papanicolaou A., Yassour M., Grabherr M., Blood P.D., Bowden J., Couger M.B., Eccles D., Li B., Lieber M., MacManes M.D., Ott M., Orvis J., Pochet N., Strozzi F., Weeks N., Westerman R., William T., Dewey C.N., Henschel R., LeDuc R.D., Friedman N., Regev A. (2013). De novo transcript sequence reconstruction from RNA-seq using the Trinity platform for reference generation and analysis. *Nat Protoc.*, 8 (8):1494-1512.
- Hivert V., Leblois R., Petit E.J., Gautier M., Vitalis R. (2018). Measuring Genetic Differentiation from Pool-seq Data. *Genetics*, 210 (1):315-330.
- Kofler R., Pandey R.V., Schlotterer C. (2011). PoPoolation2: identifying differentiation between populations using sequencing of pooled DNA samples (Pool-Seq). *Bioinformatics*, 27 (24):3435-3436.
- Krakau M., Jacobsen S., Jensen K.T., Reise K. (2012). The cockle *Cerastoderma edule* at Northeast Atlantic shores: Genetic signatures of glacial refugia. *Marine Biology*, 159:221-230.
- Ladhar-Chaabouni R., Hamza-Chaffai A., Hardivillier Y., Chénais B., Denis F. (2010). A pilot study of genetic differentiation between two phenotypes of a Mediterranean population of the bivalve *Cerastoderma glaucum* and genetic discrimination with other *Cerastoderma glaucum* and *Cerastoderma edule* populations outside the Mediterranean. *Marine Ecology*, 31:355-363.
- Martínez L., Arias A., Méndez J., Insua A., Freire R. (2009). Development of twelve polymorphic microsatellite markers in the edible cockle *Cerastoderma edule* (Bivalvia: Cardiidae). *Conservation Genetics Resources*, 1:107-109.

- Martínez L., Freire R., Arias-Pérez A., Méndez J., Insua A. (2015). Patterns of genetic variation across the distribution range of the cockle *Cerastoderma edule* inferred from microsatellites and mitochondrial DNA. *Marine Biology*, 162(7):1393-1406.
- Martínez L., Méndez J., Insua A., Arias-Pérez A., Freire R. (2013). Genetic diversity and population differentiation in the cockle *Cerastoderma edule* estimated by microsatellite markers. *Helgoland Marine Research*, 67:179-189.
- Mora-Márquez F., García-Olivares V., Emerson B.C., Lopez de Heredia U. (2017). Ddradseqtools: a software package for in silico simulation and testing of double-digest RADseq experiments. *Mol Ecol Resour.*, 17 (2):230-246.
- Peterson B.K., Weber J.N., Kay E.H., Fisher H.S., Hoekstra H.E. (2012). Double digest RADseq: An inexpensive method for de novo SNP discovery and genotyping in model and non-model species. *PLoS ONE*, 7.
- Puritz J.B., Hollenbeck C.M., Gold J.R. (2014). dDocent: a RADseq, variant-calling pipeline designed for population genomics of non-model organisms. *PeerJ* 2:e431.
- Quinteiro J., Santaclara F.J., Rehbein H. (2008). Authenticity of Canned Seafood. In *Quality Parameters in Canned Seafoods*, edited by A. G. Cabado and J. M. Vieites. New York: Nova Science Publishers, Inc, 135-158.
- Tarnowska K., Krakau M., Jacobsen S., Wołowicz M., Féral J.P., Chenuil A. (2012). Comparative phylogeography of two sister (congeneric) species of cardiid bivalve: Strong influence of habitat, life history and post-glacial history. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 107:150-158.
- Vergara-Chen C., Rodrigues F., González-Wangüemert M. (2014). Population genetics of *Cerastoderma edule* in Ria Formosa (southern Portugal): the challenge of understanding an intraspecific hotspot of genetic diversity. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95:371-379.

El microbioma del berberecho común, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758), de poblaciones de la costa gallega: composición taxonómica y su relación con la ubicación geográfica

Javier Quintero y Manuel Rey-Méndez

Laboratorio de Sistemática Molecular e Instituto de Acuicultura. Departamento de Bioquímica e Bioloxía Molecular. CIBUS. Campus Vida. Universidade de Santiago de Compostela. 15782- Santiago de Compostela, A Coruña (España).
✉: javier.quintero@usc.es; manuel.rey.mendez@usc.es

RESUMEN

El microbioma obtenido de muestras de berberecho común, *Cerastoderma edule*, capturado en la costa gallega es taxonómicamente rico. No existe una asociación significativa entre la composición taxonómica y la temporada de captura. En contraste, se detectó una relación significativa cuando se evaluó la composición taxonómica versus la ubicación geográfica de la captura.

Palabras clave: moluscos bivalvos, Galicia, comunidad microbiana, ADN.

INTRODUCCIÓN

La comunidad microbiana asociada es parte del fenotipo individual y proporciona un rendimiento fisiológico y ecológico variable al huésped (Webster 2014). En general, incluyendo los bivalvos, esta microbiota es específica de una especie (Lee *et al.* 2011) pero con una notable variación intraespecífica (Utermann *et al.* 2018).

En este trabajo se presentan resultados preliminares sobre el estudio de la comunidad microbiana en un conjunto de poblaciones del berberecho común, *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758), de la costa gallega, analizando la composición taxonómica de la microbiota y su relación con la ubicación geográfica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvo un conjunto de 20 muestras estacionales agrupadas, de cuatro ubicaciones geográficas situadas en Galicia, España (Cabo de Cruz, Barallobre, Noia y Espasante), más una réplica estacional. Cada muestra analizada incluye un conjunto de cultivos bacterianos de 8 biopsias específicas de tejidos diferentes obtenidas en cinco individuos de berberecho común.

El ADN se aisló de los pellets bacterianos utilizando el kit de purificación de ADN genómico GeneMATRIX Gram Plus & Yeast. La construcción de la biblioteca se realizó utilizando el protocolo de preparación de la biblioteca de secuenciación metagenómica Illumina 16S y, los fragmentos de ADN generados, se secuenciaron con el kit de reactivo MiSeq v3 en la plataforma MiSeq de Illumina, utilizando lecturas de secuencia de extremos pareados de 300 pb. La bioinformática del microbioma se realizó con Qiime2 pipeline.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 2.463.946 secuencias en las 20 muestras analizadas se mantuvieron después del proceso de recorte y eliminación de ruido, lo que representa un total de 1.313 características. La mayoría de las muestras contenían más de 200.000 secuencias (Figura 1.A). El recuento de secuencias más alto se obtuvo en la muestra N05 con un número de 157.500, mientras que el recuento más bajo ocurrió en la muestra de B02 que contenía 28.503 secuencias. La frecuencia media de las secuencias características por muestra fue de 123.197,3 (Figura 1.B). La frecuencia de las secuencias únicas por muestra varió de 2 a 260.761, con un valor medio de 1.875,6 (Figura 1.C).

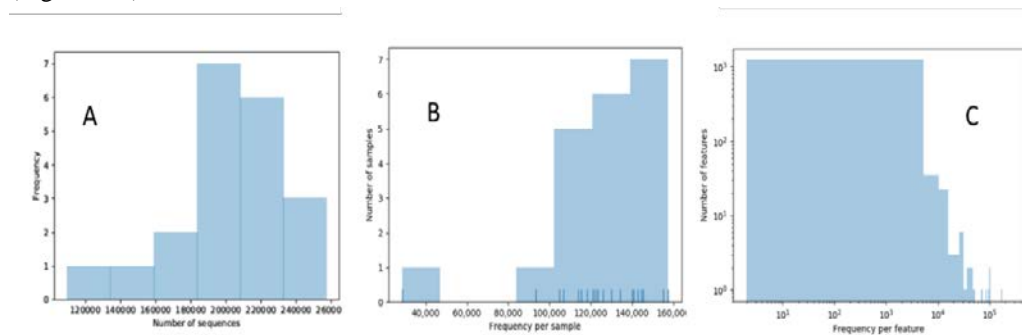


Figura 1. Histogramas que resumen los datos de las secuencias.

La diversidad filogenética se basó en el UniFrac no ponderado y la filogenia enraizada en el punto medio entre las secuencias recuperadas. Por lo tanto, una alineación de MAFF (Katoh *et al.* 2002) fue la fuente del árbol filogenético obtenido con FastTree (Price *et al.* 2009).

La curva de rarefacción define la profundidad de muestreo a considerar en el análisis de diversidad alfa y beta. A la profundidad de secuenciación disponible y para el recuento más bajo en la muestra B02 (28.053), el número de OTU varió de 120 a 140 para todas las poblaciones muestreadas (Figura 2).

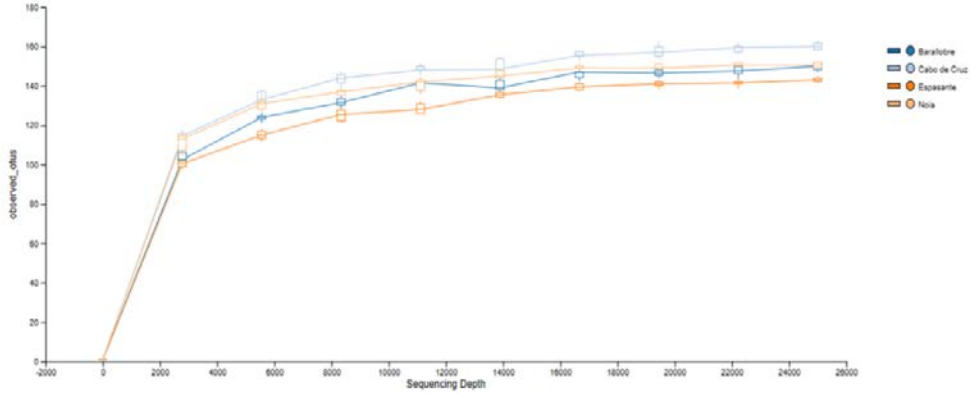


Figura 2. Curva de rarefacción para los datos de secuenciación.

El análisis de la Diversidad Filogenética de Faith indicó una ausencia de asociación entre i) la riqueza microbiana y la ubicación (Kruskal-Wallis, $P = 0.09$) de la captura, y ii) la temporada (Kruskal-Wallis, $P = 0.76$) de captura de las muestras comunes de berberechos (Figura 3).

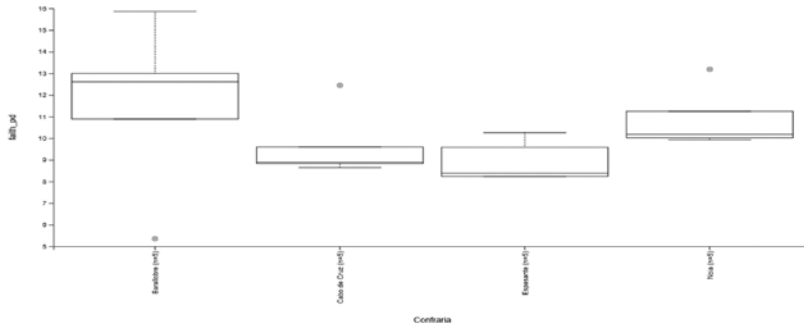


Figura 3. Prueba para la asociación entre la ubicación de la captura de berberecho común (Confrarías) y la riqueza de la comunidad bacteriana.

Tampoco se observaron diferencias significativas entre el origen de la muestra (Kruskal-Wallis, $P = 0,13$), la temporada de captura (Kruskal-Wallis, $P = 0,13$) y la homogeneidad de la comunidad microbiana (Kruskal-Wallis, $P = 0,13$). Sin embargo, se obtuvo un valor significativo en la comparación por pares entre la homogeneidad en verano y otoño (Kruskal-Wallis, $P = 0.007$) (Figura 4).

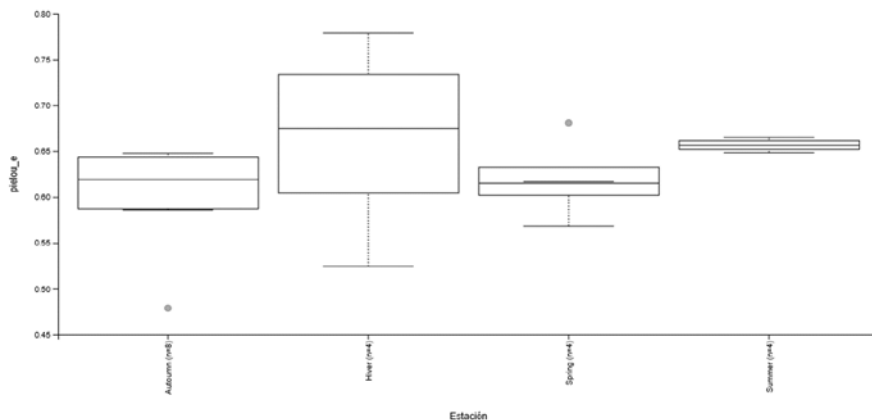


Figura 4. Prueba para la asociación entre la temporada (Estación) de captura de berberecho común (Cofradías) y la homogeneidad de la comunidad bacteriana.

El análisis de la composición bacteriana con respecto a la ubicación de captura y la estación se realizó utilizando PERMANOVA (Tang *et al.* 2016). Por lo tanto, las muestras de la misma ubicación de captura (Cofradía) fueron más similares entre sí que las muestras de las otras Cofradías (pseudo-F = 1.511.999 permutaciones, P = 0,035). En contraste, se obtuvo un valor no significativo al considerar la temporada de captura (pseudo-F = 1.017.999 permutaciones, P = 0,442).

El PCoA para UniFRac no ponderado permite explorar la composición de la comunidad microbiana en el contexto de aquellas Confrarías que proporcionan las muestras de berberechos comunes (Figura 5).

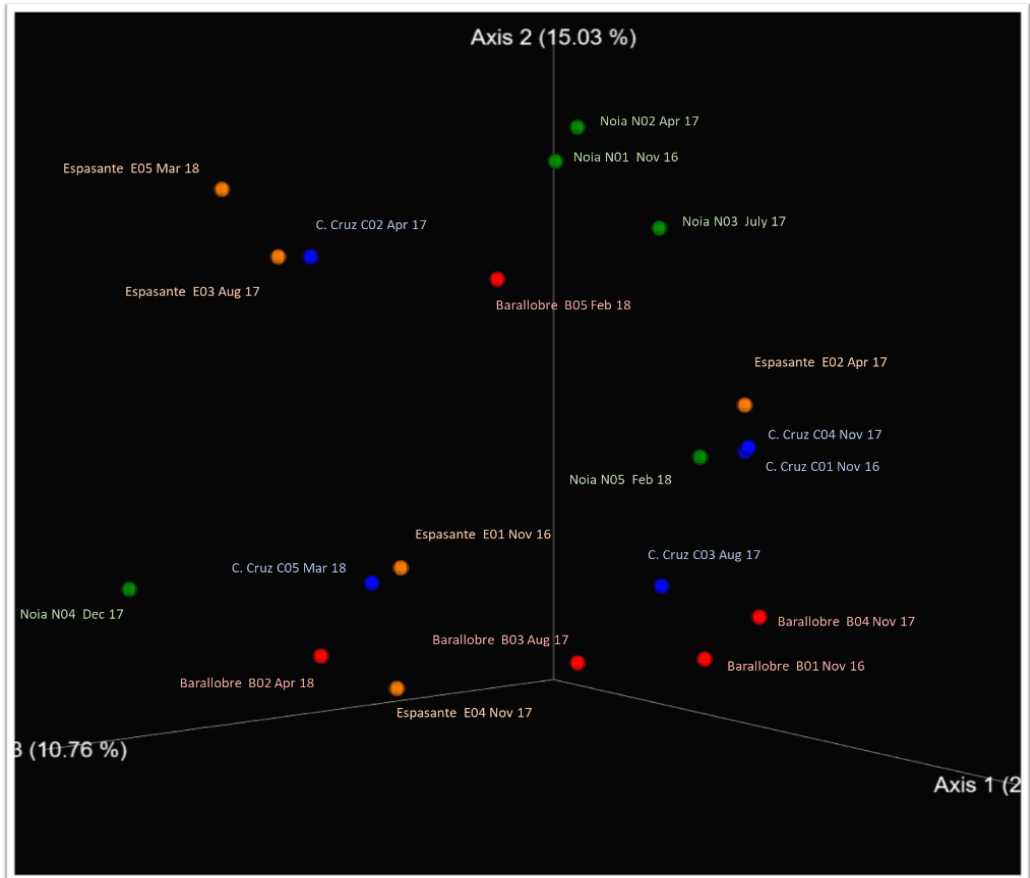


Figura 5. PCoA para UniFRac no ponderado, incluidos los 20 analizados muestreados con código de color para su ubicación de captura (Cofradía).

La composición taxonómica para cada muestra analizada se detalla en el gráfico de barras taxonómicas (Figura 6). Los grupos taxonómicos frecuentes incluyen Vibrionales, Alteromonadales, Campylobacteriales, Clostridiales y Pseudomonadales.

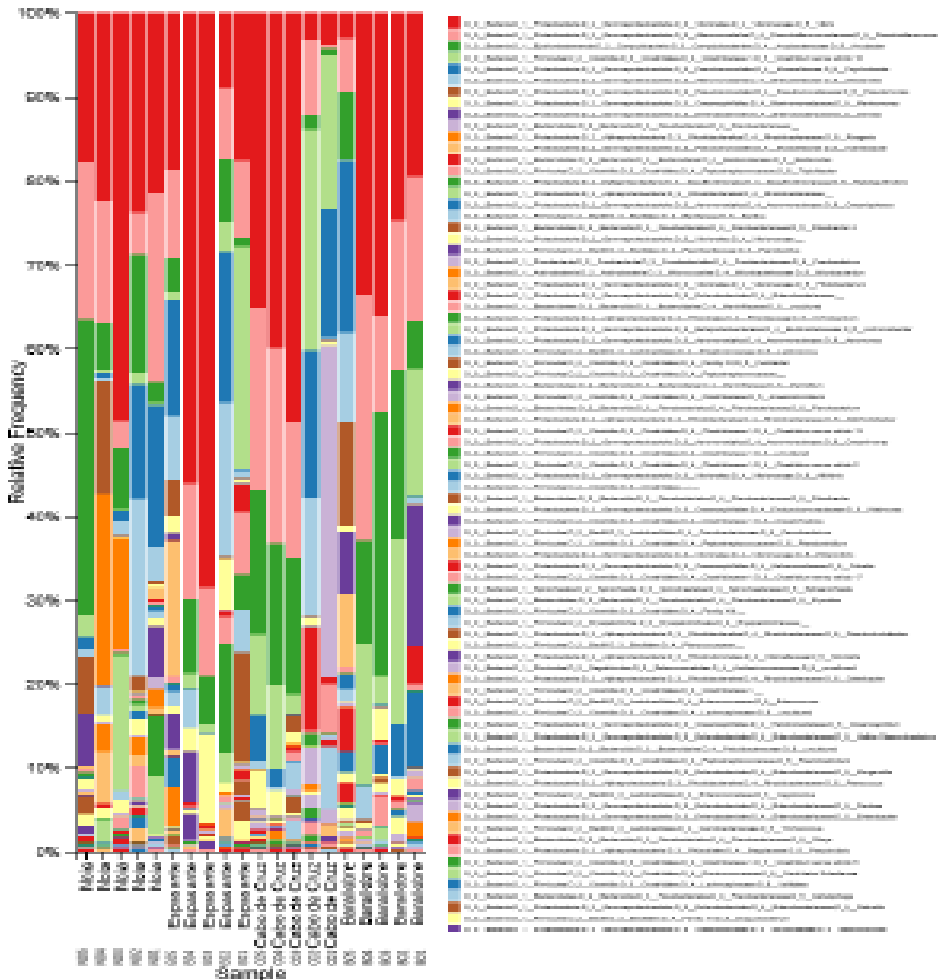


Figura 6. Composición taxonómica para las 20 muestras de berberecho analizadas. Cada barra representa el porcentaje, en diferentes colores, de las especies presentes en cada muestra.

CONCLUSIONES

La composición taxonómica del microbioma en el berberecho común, *Cerastoderma edule*, está asociada a la ubicación geográfica de la captura, siendo útil para la asignación a una población de la muestra problema.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el proyecto ValoBer.Gal: "VALORIZACIÓN DO BERBERECHO *Cerastoderma edule* (Linnaeus, 1758) DA COSTA GALEGA, MEDIANTE MARCADOR DE IDENTIDADE DA SÚA ORIXE XEOGRÁFICA". GALP4.011. Participantes: Confraría de Noia, Confraría de pescadores de Muros, Agrupación de Mariscadores "Río Anllóns", Confraría de Pescadores de Barallobre, Confraría de Pescadores de Espasante, Confraría de Pescadores de Cabo de Cruz, Confraría de Pescadores de Lourizán, Confraría de Pescadores de Pontevedra, Confraría de Pescadores de Raxó, Confraría de Pescadores de Camariñas.

REFERENCIAS

- Katoh K., Misawa K., Kuma K., Miyata T. (2002). MAFFT: a novel method for rapid multiple sequence alignment based on fast Fourier transform. *Nucleic Acids Research* 30(14):3059-3066.
- Lee O.O., Wang Y., Yang J., Lafi F.F., Al-Suwailem A., Qian P.Y. (2011). Pyrosequencing reveals highly diverse and species-specific microbial communities in sponges from the Red Sea. *ISME J* 5 (4):650-664.
- Price M.N., Dehal P.S., Arkin A.P. (2009). FastTree: computing large minimum evolution trees with profiles instead of a distance matrix. *Molecular Biology and Evolution* 26 (7):1641-1650.
- Tang Z.Z., Chen G., Alekseyenko A.V. (2016). PERMANOVA-S: association test for microbial community composition that accommodates confounders and multiple distances. *Bioinformatics* 32 (17):2618-2625.
- Utermann C., Parrot D., Breusing C., Stuckas H., Staufenberger T., Blumel M., Labes A., Tasdemir D. (2018). Combined genotyping, microbial diversity and metabolite profiling studies on farmed *Mytilus* spp. from Kiel Fjord. *Sci Rep* 8 (1):7983.
- Webster N.S. (2014). Cooperation, communication, and co-evolution: grand challenges in microbial symbiosis research. *Front Microbiol* 5:164.

Tilapia (*Oreochromis* sp.) en la diversidad íctica nativa en la provincia del Guayas, Ecuador

Janeth Jácome-Gómez^{1,2}, Javier Salcán¹, Verónica Taipe-Taipe^{1,2}, Janeth Intriago¹, Ramón Horacio Zambrano-Aveiga¹, Adriana Beatriz Sánchez-Urdaneta^{1,3}, Myriam Zambrano-Mendoza¹, Juan Pablo Tobar-Galvez¹, Anayansi Albert Rodríguez^{1,4} y Sandro Cornejo¹

¹Carrera de Ingeniería Agropecuaria, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión en El Carmen, Ecuador.

²Estudiantes de Doctorado en Ciencias Agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela.

³Departamento de Botánica, Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. ⁴Universidad de Santi Espíritu. Cuba.

✉: ing.jacomegomez@gmail.com

RESUMEN

La tilapia (*Oreochromis* sp.) es un pez de agua dulce, originario de África, adaptándose en aguas salinas. Posee muchas características que le dan fortaleza para posesionarse como cultivo en donde éstas son introducidas. En los últimos años, países que se dedican a esta especie como cultivo comercial acuícola, han reportado que son las especies exóticas invasoras más peligrosas del mundo debido a su adaptabilidad y potencial reproductivo. En esta investigación como parte de una tesis doctoral se utiliza uno de los objetivos de campo, para dar a conocer la abundancia de esta especie en referencia con los peces nativos en recoletas que se realiza en los ríos de la Provincia del Guayas en el Cantón Naranjal en la Reserva Churute por su importancia en la producción acuícola. Se deja abierta la pregunta ¿Qué impacto representa la tilapia a la diversidad íctica nativa que habita en los cuerpos de agua naturales, aledaños a las granjas de cultivos de camarón?. Se analiza el dilema entre las bondades de estos peces como alternativa para contribuir con la seguridad agroalimentaria y la amenaza que representan para biodiversidad acuática de Ecuador.

Palabras clave: *Oreochromis* sp., diversidad íctica nativa, especie exótica, Ecuador.

INTRODUCCIÓN

Las tilapias (*Oreochromis* sp.) son consideradas como una de las especies invasoras más peligrosas del mundo (Lawson *et al.*, 2015) y se han establecido con éxito en casi todas las regiones en las que han sido introducidas (Russell *et al.*, 2012).

En la base de datos de la *Invasive Species Specialist Group (Invasive Species Specialist Group -ISSG, 2018)* figuran como una de las 100 especies más dañinas. Sin embargo, lejos de ser controlado, su cultivo se ha extendido en todo el mundo y en algunos países las tilapias han sido excluidas de la lista negra de especies invasoras con el argumento de que sustentan economías locales y son de interés nacional para el fortalecimiento de la seguridad agroalimentaria o para actividades industriales de gran escala (CONAP, 2011) lo que denota una paradoja entre el interés por aumentar la producción acuícola y la protección de la biodiversidad.

Stelkens y Wedekind (2010) señalaron que la introducción de especies exóticas se encuentra entre las menos controlados y menos reversibles que ocurren en los ecosistemas y que afectan de manera muy importante su biodiversidad, biogeoquímica y usos económicos.

En el caso de Ecuador, una de las especies de mayor interés por su producción la representa la tilapia, nombre común utilizado para referirse a varios peces dentro de la familia Cichlidae, son nativos de África, Jordania e Israel y se introdujeron en muchas regiones tropicales, subtropicales y templadas del mundo, durante la segunda mitad del siglo XX con fines de producción piscícola, como peces comestibles, pesca recreativa, control de malezas acuáticas y fines de investigación (El-Sayed, 2006).

La tilapia (*Oreochromis* sp.) fue introducida para las prácticas de acuicultura y se estableció en el río Chone donde invadió la pesquería tradicional de "chamera" (*Dormitator latifrons*) y además compitió con las especies nativas presentes (Welcomme, 1988). Aunque la fecha de introducción de la tilapia en Ecuador no se conoce con precisión, datos anecdóticos sugieren que *O. mossambicus* se introdujo en Santo Domingo de los Tsáchilas desde Colombia en 1965; *O. niloticus* por agricultores privados de Brasil en 1974 y el híbrido rojo (*Oreochromis* sp.) a principios de la década de los 80 (Zambrano *et al.*, 2006).

Otro aspecto de importancia refiere que la tilapia como negocio rentable se inició a partir de la aparición del virus de la mancha blanca que afectó la producción camaronera; por ello, debido a que la infraestructura existente para el momento paso a estar desocupada, piscinas, estanques y plantas de alimentos balanceados, representaban una oportunidad al disponer de estas para los propósitos de producción de esta especie. A partir de esta situación, en las diversas formas asumidas para el trabajo, las granjas productoras de tilapia que lograron surgir fueron aquellas que se dedicaron a cultivarla como su principal producto.

A partir de lo señalado, la decisión de algunos empresarios a remplazar de rubro pesquero, enfocándose en el cultivo de tilapias como alternativa, se debió entre varios aspectos, a su alta demanda en el mercado interno, exportación al mercado norteamericano, así como también a sus atractivos precios y rentabilidad (Fitzsimmons, 2000, Watanabe *et al.*, 2002) convirtiéndose en el tercer país exportador del mundo y el primero en América Latina, con una exportación inicial en 1992 a EEUU de 4.434.657 de libras de filete, alcanzando un máximo de 27.315.395 libras en 2007.

La introducción de la tilapia para la explotación piscícola, se ha extendido en muchos cuerpos de aguas naturales de Ecuador (Barriga, 2015). Hoy en día, existen poblaciones silvestres de tilapia en el río Guayas, sus afluentes y otras cuencas, así como en estuarios y canales de aducción agua de mar en los reservorios de las granjas camaroneras, donde se pesca y se venden en los mercados populares locales.

Ante lo significativo de estos hechos, surge la motivación de estudiar la presencia de la tilapia (*Oreochromis* sp.) en la cuenca hidrográfica de la Provincia del Guayas, Ecuador; no obstante, aún no se conoce de manera oficial y con certeza la fecha exacta de la introducción de la tilapia en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipos de manipulación

Se realizó la pesca con ayuda de atarraya en donde se identificó la diversidad de peces, los mismo que fueron liberados inmediatamente, en el caso de la tilapia por ser una especie introducida los especímenes fueron utilizados para realizar análisis estomacal, verificando así las principales presas de consumo, peso, medición de largo y ancho del pez.



Figura 1. Especímenes capturados en las pescas realizadas y utilizados para realizar las evaluaciones correspondientes (largo, ancho, peso, entre otras).

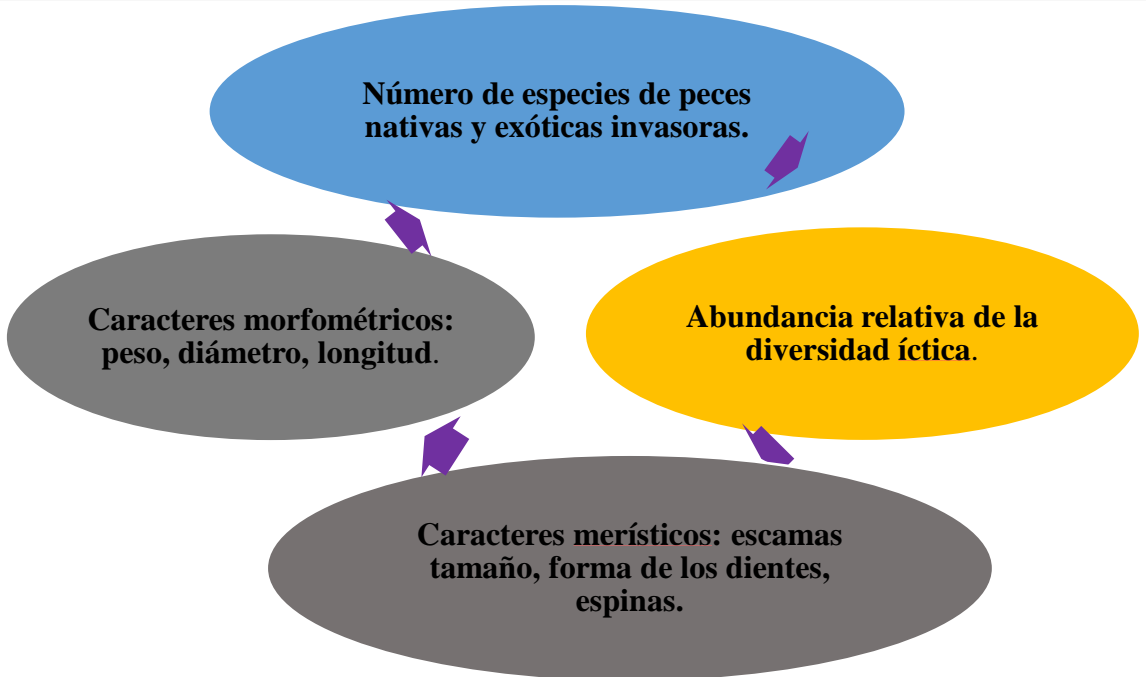


Figura 2. Caracteres morfométricos y merísticos evaluados en los especímenes capturados en las pescas realizadas en la Provincia del Guayas.

La investigación fue de tipo no experimental donde no se manipularon deliberadamente las variables. Solo se observaron fenómenos tal y como se dieron en su contexto natural, para después analizarlos, tal como lo señaló Kerlinger (1979). Es así en esta investigación se realizó tal como se presenta el medio en que las pesca en los ríos que conecta y que son parte de la reserva Churute en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. Siendo una investigación no experimental las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, al igual que sus efectos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la cuenca del Rio Guayas, costa del océano Pacifico en Ecuador, han sido registradas 63 especies de agua dulce. El Rio Churute forma parte de la esa cuenca en la que se encuentra localizada el área protegida conocida como Reserva Ecológica Manglares Churute, que incluye áreas de rápidos, lagunas y manglares. Durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2019 fueron realizadas capturas de peces mediante atarraya y redes de arrastre en tres áreas

principales de la cuenca del Rio Churute (influencia de rápidos, porción media de la cuenca y área de estuario y manglar) en las que fueron recolectados 592 individuos pertenecientes a 18 especies, agrupadas en 12 Familias contenidas en seis órdenes.

Del total de la captura fueron registradas 16 especies nativas entre las cuales se encuentran algunas de origen marino, pero que también habitan ambientes de agua dulce; Gobiiformes (Eleotridae:Gobiidae), Mugiliformes (Mugilidae) y Pleuronectiformes (Achiridae) y dos especies introducidas (*O. aureus* (en mayor proporción) y *O. mossambicus*).

Los resultados obtenidos, indicaron que las dos especies exóticas representaron el 46,11% del total de individuos recolectados y que se han establecido con éxito ya que una gran cantidad de individuos presentaron huevos y/o alevines en la boca, lo que constituyó una evidencia irrefutable de un proceso de desplazamiento de las especies nativas por parte de las introducidas, y por lo tanto, se requiere adoptar estrategias y medidas urgentes de control y/o erradicación de las especies invasoras para contener o evitar su propagación hacia áreas aún no invadidas con la finalidad de proteger las especies nativas en la Cuenca del río Churute.

CONCLUSIONES

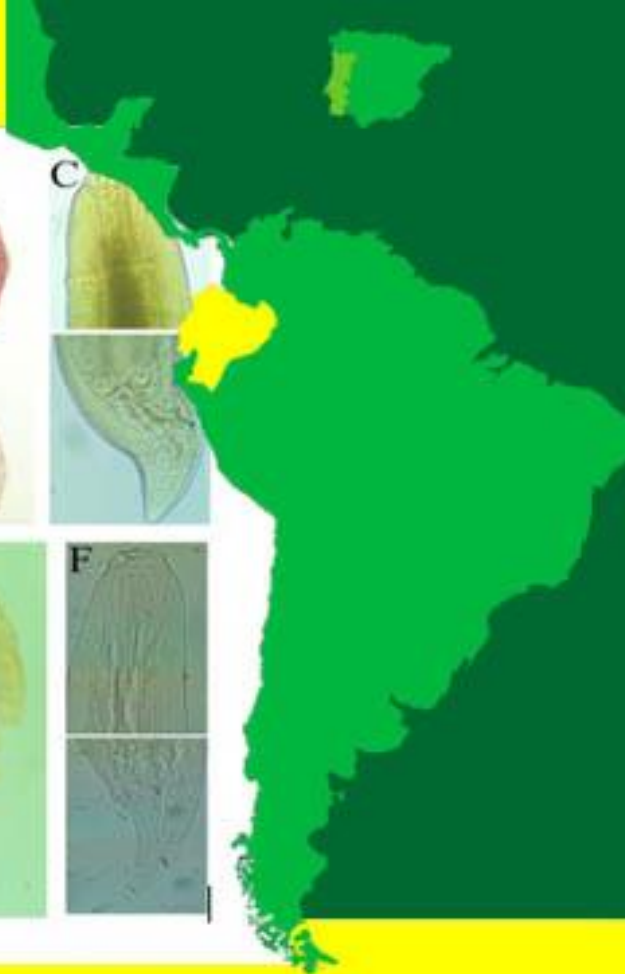
Con esta investigación en campo se ha identificado y localizado en los ríos aledaños y ríos de la reserva Churute la presencia de la tilapia en condiciones silvestres. Si bien el cultivo de estos peces ha producido beneficios económicos, su propagación y establecimiento ha llegado, ya sea por introducción deliberada o por escapes, a representar un grave riesgo para los peces nativos. Es importante conocer y difundir esta información, ante los beneficios o daños que esto pueda significar, para que estos reportes permitan en países vecinos, con condiciones similares a las de Ecuador, donde la tilapia se encuentra en los cuerpos de agua en forma natural, para que se tomen las medidas necesarias y evitar la disminución y/o extinción de las especies nativas.

REFERENCIAS

Barriga, R. (2015). Peces de los afluentes de la costa del Ecuador: composición, biogeografía, aspectos ecológicos, uso y conservación. p. 339-62. En: Lasso, C.A., Blanco-Libreros, J.F. y Sánchez-Duarte, P. (Eds.). XII. Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/235.pdf.

- Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP). (2011). Fortalecimiento de las capacidades institucionales para abordar las amenazas provocadas por la introducción de especies exóticas en Guatemala. Guatemala. Documento técnico No. (79-2010). Disponible en: <https://www.cbd.int/invasive/doc/meetings/isaem-2015-01/DECISION%20SUPPORT%20TOOLS/iase-m-guatemala-dst-04-esp.pdf>.
- El-Sayed, A.-F.M. (2006). *Tilapia Culture*. CABI Publishing, CABI International, Willingford, Oxfordshire, United Kingdom. https://market.android.com/details?id=book-hgiLjY6Cx_0C.
- Fitzsimmons, K. (2000). *Tilapia and penaeid shrimp polycultures. Pond dynamics*. Aquaculture CRSP, Aquanews, Fall.
- Invasive Species Specialist Group -ISSG. (2018). *Global Invasive Species Database*. 2018. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=131>.
- Lawson Jr., L.L., Hill, J.E., Hardin, S., Vilizzi, L. y Copp, G.H. (2015). Evaluation of the fish invasiveness screening kit (FISK v2) for peninsular Florida. *Management of Biological Invasions*. 6:413-422.
- Strecker, U. 2006. «The impact of invasive fish on an endemic Cyprinodon species flock (Teleostei) from Laguna Chichancanab, Yucatan, Mexico». *Ecology of freshwater fish* 15 (4): 408-18. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00159.x>.
- Stelkens, R.B. y Wedekind, C. (2010). Environmental sex reversal, trojan sex genes, and sex ratio adjustment: Conditions and population consequences. *Molecular Ecology* 19(4):627-646.
- Russell, D.J., Thuesen, P.A. y Thomson, F.E. (2012). A review of the biology, ecology, distribution and control of *Mozambique tilapia*, *Oreochromis mossambicus* (Peters 1852) (Pisces:Cichlidae) with particular emphasis on invasive Australian populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 22(3):533-554.
- Watanabe, W.O. Losordo, T.M., Fitzsimmons, K. y Hanley, F. (2002). *Tilapia production systems in the Americas: Technological advances, trends, and challenges*. *Reviews in Fisheries Science*. 10(3):465-498.
- Welcomme, R.L. (1988). *International introductions of inland aquatic species*. FAO Fish. Tech. Pap. p. 294-318.

Zambrano, L., Martínez-Meyer, E., Menezes, N. y Townsend Peterson, A. (2006). Invasive potential of common carp (*Cyprinus carpio*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in American freshwater systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Journal Canadien des Sciences Halieutiques et Aquatiques*. 63(9):1903-1910.



**BIOLOGÍA, SISTEMÁTICA
Y ECOLOGÍA**



Reproducción de tilapia roja (*Oreochromis* sp) en piletas de FCV mínima profundidad (resultados preliminares).
David Mejías, Fernando Isea León, Uriel Chica

**Análisis cualitativo de la dieta natural del chame (*Dormitator latifrons*; Richardson, 1844)
en el humedal la Segua, Manabí, Ecuador**

Fernando Isea León, Patricia Aguilar, A.E. Bermúdez-Medrandá, Vanessa Acosta, Marjorie Idrovo, Luz Marina Soto,
María Lourdes Guerra, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana, Miriam Steinitz-Kannan, Carlos López

Parásitos metazoarios en calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) del pacífico ecuatoriano
Leonela Griselda Muñoz-Chumo, Jonathan Fabricio Lucas-Demera, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana

**Uso de curvas abundancia-biomasa (ABC) en la detección de perturbaciones sobre comunidades de macro
invertebrados de playas arenosas de Manabí (Ecuador)**

J. Vélez-Falcones, J. Tam-Malaga, V. Acosta, R. León-Mateo, C. Lodeiros, A. García y L. Treviño

Identificación de la ostra de Portobelo, estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador
César Lodeiros, Lenin Cáceres, Dailos Hernández-Reyes, Yanis Cruz-Quintana,

Manuel Rey-Méndez, Nieves González-Henríquez

**Composición de la dieta de la corvina de roca *Brotula clarkae* (Hubbs, 1994)
desembarcada en el puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador**

Jardel Mora-Carranza, José Alió Mingó

Epibiontes en colectores artificiales: efecto de la profundidad

Vanessa Acosta de Matheus, César Lodeiros, Carlos López, Luz Marina Soto, Fernando Isea

**Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica en playas arenosas en la ciudad de
Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador**

A. García-Bermúdez, L. Treviño, Jorge Vélez- Falcones, Patricio Panta-Vélez, Z. Quinteros-Carlos

**Distribución espacio-temporal de macroinvertebrados en zonas de manglar del estuario del río
Chone, Manabí, Ecuador**

R. Vera-Mera, Z. Quinteros-Carlos, V. Acosta-Balbás, J. Tam-Malaga y J. Vélez-Falcones

Dinámica poblacional del ostión *Crassostrea cf. Cortezjensis* en el estuario del Río Chone

Panta-Vélez Rodolfo Patricio, Moncayo-Rodríguez María Lissethe, García-Bermúdez Alán Emilio, Matos-Briones
Zoila Gabriela, Mogro-Loor Lee Joe, Alvarado-Rizo Roberto Carlos, Suarez Avilés Reyna Jonathan Daniel, Torres-
Fariñas Pierina Alexandra, Bedón-Zambrano Carlos Ernesto, Zambrano-Gómez Víctor Hugo, Bernal-Zambrano Juan
José, Retamales-González, Roberto Antonio

Reproducción de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en piletas mínima profundidad (Resultados preliminares)

David Mejías¹, Fernando Isea León^{1,2}, Uriel Chica³

¹Grupo de Acuicultura y Zoología Aplicada (GIAZA). Programa Ingeniería de la Producción Agropecuaria. Universidad Nacional Experimental Sur del Lago (UNESUR), Santa Barbara de Zulia. Venezuela. | ²Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental (SAISA). Escuela de Acuicultura y Pesquería. Departamento de Acuicultura y Pesca. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí (UTM). Bahía de Caráquez. Ecuador. | ³Granja Piscícola Las Brisas. UCH, Córdoba. Colombia.

✉ mejiasd@unesur.edu.ve; davidmejiasy@gmail.com; fernandoisea77@gmail.com

RESUMEN

La eficiencia en el manejo de la reproducción es la base del éxito de la industria de explotación animal y en el caso de la tilapicultura no es la excepción, por lo que desde sus inicios se han probado diferentes métodos a fin de obtener la mayor cantidad de alevines en el menor espacio y al menor costo posible. El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos al comparar un sistema de producción de alevines de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en piletas de mínima profundidad (PMP) con un sistema tradicional de estanques en tierra (ET). La tasa de desove en las PMP fue superior ($15,91 \pm 4,12\%$) a la observada en los ET ($12,90 \pm 3,96\%$), lo mismo se obtuvo para la tasa de fecundidad absoluta que para el sistema de PMP fue de $1.942,82 \pm 367,56$, aunque estadísticamente no se halló diferencias significativas entre estas cifras ($P > 0,05$). El sistema ET necesitó 13 veces más agua por reproductor, y la cantidad de horas hombre invertidas fue casi 2,5 veces mayor a las requeridas en el sistema de PMP. Se puede concluir que el sistema de PMP es considerado más eficiente que el sistema tradicional en ET en la reproducción de la tilapia roja, ya que proporciona el mejor volumen de huevos producidos por unidad de área; así como el uso eficiente del agua y del recurso humano.

Palabras clave: Piletas, mínima profundidad, producción, cultivo.

INTRODUCCIÓN

El éxito de toda industria de producción animal depende en gran medida de la eficiencia de la reproducción de la especie en cuestión. Por ejemplo, el éxito reproductivo y la eficiencia en el manejo de la reproducción del grupo de las tilapias es la principal razón de que este grupo ocupe el segundo lugar en la lista de peces más cultivados en el mundo (Biswas, *et al.* 2005, Green, 2006, FAO, 2018 y Mashaii, *et al.* 2018). Sin embargo, recientemente la disponibilidad de agua y de suelo se han constituido en una seria limitante para la expansión de la acuicultura en muchas regiones del mundo así que hoy día no basta con que la especie tenga un alto éxito reproductivo, sino que además sea necesario producir en menos espacio y con la menor cantidad de agua posible, de modo que éste puede ser el principal reto a vencer por parte de muchos acuicultores (Verdegem *et al.* 2006, Hargreaves, 2013, Crab *et al.* 2012, Collazo y Arias, 2015). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de un nuevo diseño de piletas de mínima profundidad (PMP) para la reproducción de tilapias frente al diseño tradicional de estanques rectangulares con fondos y taludes de tierra (ET). Las PMP se fabricaron de forma circular, a nivel del piso, declive concéntrico, drenaje central, 3,0 metros de diámetro y 0,25 metros de profundidad. Dichas piletas se acoplaron a un filtro biológico, en la granja piscícola Las Brisas UCH, ubicada en el corregimiento Tierra Alta, departamento de Córdoba, Colombia. Lo novedoso de este sistema es la profundidad de las piletas lo que hace que el volumen del agua requerida para que se dé la reproducción es mucho menor al de los recintos tradicionales donde se suele reproducir a este grupo de peces. Para medir la eficiencia de ambos sistemas se compararon las siguientes variables: la fecundidad absoluta, la tasa de desove, el volumen de agua usada en el periodo de estudio (VAU), las horas hombre dedicadas a las labores de mantenimiento, alimentación y pesca por reproductor (h.homb/Rep) y la potencia de aireación por reproductor (HP/Rep). Todas estas variables se compararon mediante una prueba T-Student.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante diez semanas entre septiembre y diciembre de 2018 en la granja piscícola Las Brisas UCH, ubicada en el corregimiento Tierra Alta, departamento de Córdoba, Colombia. La temperatura osciló entre 23,0 y 31,33 °C para una media de $27,55 \pm 0,42$ °C, mientras que la precipitación en el periodo promedió fue de 120,0 mm.

Sistema de estanques en tierra

En la mayoría de las granjas dedicadas a la producción de alevines de tilapia, los reproductores son colocados en estanques cuyos fondos y muros son construidos a partir del material propio de los suelos de la granja, excavando el terreno a cierta profundidad y

conformando los muros perimetrales con el material obtenido de la referida excavación (Watanabe, *et al.* 2002 y Green, 2006). Los muros así conformados son compactados por medios mecánicos hasta que son lo suficientemente estables como para represar el agua. Estos estanques suelen contar con un tubo de drenaje en el extremo opuesto al punto por donde se les suministra el agua. Las dimensiones de dichos estanques pueden variar de una granja a otra, pero comúnmente presentan áreas entre los 100 y 1.000 metros cuadrados y profundidades entre los 80 y 120 centímetros. Normalmente la calidad del agua en dichos estanques se mantiene mediante recambios parciales del volumen del agua contenida y en algunos casos se suministra aireación mediante turbinas sopladoras popularmente llamadas blower. En el caso de la Granja las Brisas U.CH, los estanques destinados a la reproducción de las tilapias tienen 10,0 metros de ancho, 20,0 de largo y una profundidad promedio de 0,8 metros y reciben aireación las 24 horas al día mediante un blower de 2,0 HP repartido por cada 3 estanques. Regularmente a los estanques se les recambia suficiente agua para mantener una visibilidad del disco de Sechi de 30,0 centímetros.

Sistema de piletas de mínima profundidad (PMP)

El sistema de PMP consistió en 6 piletas de 3,0 m de diámetro, 0,25 m de profundidad, drenaje central de 2,0 pulgadas y declive concéntrico de 10 grados, de manera que el volumen de agua albergado por cada pileta fue de 1,76 m³. Cada pileta contaba con un tubo alimentador de agua de 1,0 pulgada acoplado a un tanque principal de 4,0 m³ mediante el cual se les suministraba agua desde las 6:00 am hasta las 6:00 pm todos los días de la semana. El agua del drenaje del conjunto de piletas llegaba mediante un canal colector a un filtro biológico, conformado por una fosa receptora con filtro de grava que a su vez drena por rebose a una segunda fosa donde se encontraba el sustrato flotante para las bacterias y aireación las 24 horas del día. También por rebose el agua de la segunda fosa pasaba a una última fosa donde se encontraba una bomba sumergible automática de 1,0 HP que retornaba el agua ya depurada al tanque principal, completando así el circuito. Estas tres fosas tienen una capacidad de 0,6 m³ cada una, de modo que todo el sistema sumaba un volumen total de 16,36 m³. Tanto las piletas como el filtro biológico recibían aireación las 24 horas del día a través de un aireador tipo blower de 0,5 HP. Las piletas, como las fosas del filtro biológico fueron construidas mediante excavación en el suelo y posterior recubrimiento con una capa de cemento de 2,0 cm de espesor, mientras que el tanque principal fue construido de geomembrana y estructura de estacas y alambre. El conjunto de piletas y los tanques del filtro biológico se encuentran bajo una polisombra de 80%. En el cuadro 1, se comparan algunas características de los ET y las PMP.

Cuadro 1. Características de los dos sistemas

Sistemas	Profundidad (m)	Área de los recintos (m ²)	Peces por recinto	Peso de los reproductores (g)	Biomasa por recinto (Kg)	Densidad (♀/m ²)	Densidad total (Peces/m ²)
PMP	0,25	7,07	60 ♀ 20 ♂	181,4 ± 9,70 ♀ 202,0 ± 14,3 ♂	14,91	8,5	11,3
ET	0,8	200	900 ♀ 300 ♂		223,77	4,5	6,0

PMP: piletas de mínima profundidad y ET: estanques de tierra.

Reproductores

Ambos sistemas fueron sembrados con reproductores de la misma edad y seleccionados de lotes no emparentados entre sí. Las hembras tenían un peso promedio de $181,4 \pm 9,7$ g, mientras que los machos tenían $202,0 \pm 14,3$ g. Tanto en los ET como en las PMP, la relación de siembra fue de 3 hembras por cada macho. En los ET se sembraron 900 hembras y 300 machos por estanque para una densidad total de 6,0 peces/m² y una densidad de hembras de 4,5 peces/m². De manera que la biomasa de hembras fue de 163,26 Kg y de 60,6 Kg de machos para una biomasa total de 223,86 Kg de reproductores por estanque. Mientras que en cada pileta se juntaron 60 hembras y 20 machos para una densidad total de 11,4 peces/m² y una densidad de hembras de 8,6 peces/m².

Régimen de alimentación

En los dos sistemas los reproductores fueron alimentados con un concentrado comercial de 30% de proteína a una razón del 2% de su biomasa y dos despachos diarios, es decir, un despacho a las 9:00 am y el otro a las 3:00 pm.

Muestras

Semanalmente y durante 10 semanas se pescaron los reproductores para extraer los huevos de la cavidad bucal de las hembras.

Recolección de los huevos

En cada pileta o estanque las hembras se revisaban manualmente una por una y los huevos maduros se extraían y se colectaban en un recipiente plástico de color verde, de 20,0 cm de

diámetro y 7,0 cm de profundidad que contenía aproximadamente 200 cm³ de agua del sistema de incubación, al tiempo que se registraba la cantidad de hembras a las cuales se les extrajeron dichos huevos. De la misma manera con los huevos vitelinos los cuales se colocaban en recipientes de color rojo para evitar confusiones y mezclar los dos tipos de huevos.

La clasificación y subsiguiente colocación de los huevos en los recipientes verde y rojo se llevó a cabo observando directamente el color y los rasgos de los mismos, es decir, se consideró huevos maduros a aquellos totalmente esféricos, de color verdoso y carentes de regiones indiferenciadas los cuales se colocaron en los recipientes verdes, mientras que como huevos vitelinos fueron considerados a aquellos de color rosado-rojizos, esbozos de la región cefálica, cola, cápsulas ópticas y saco vitelino diferenciado, éstos fueron colocados en los recipientes rojos.

Porcentaje de hembras desovadas

En cada muestreo y al momento en que se llevaba a cabo la extracción de los huevos se contabilizó las hembras que tenían cada tipo de huevo, para así tener el número de hembras que desovaron huevos maduros y el de hembras que desovaron huevos vitelinos, la suma de estas dos cifras entre el número total en las piletas permitió calcular el porcentaje total de hembras que desovaron en cada muestreo (%. ♀.Des/mues).

Fecundidad absoluta

Posteriormente a la recolección de los huevos se procedió a medir el volumen de cada tipo de huevo empleando un cilindro graduado de 50 mililitros y así poder determinar: el volumen de huevos maduros por hembra y el volumen de huevos vitelinos por hembra. Seguidamente se procedía a contar la cantidad de huevos maduros por mililitro y de huevos vitelinos por mililitro, al multiplicar dichos valores por los volúmenes de huevos maduros y de huevos vitelinos respectivamente se calculó el número de huevos maduros, el número de huevos vitelinos y con la suma de estos dos últimos se obtuvo el número de huevos totales por hembra, es decir la fecundidad absoluta, tanto para el sistema de PMP como para el de ET.

Volumen de agua usada, horas hombre por reproductor y potencia de aireación

Volumen de agua usada por kilogramo de reproductor (VAU/Kg-rep): En los ET la renovación del agua se llevó a cabo según la lectura del disco de Sechi, es decir, suministrando el agua limpia necesaria para mantener una visibilidad desde la superficie de 30 cm. Dicha labor implicaba el descarte de cierto volumen de agua, es decir, de la cantidad de agua que había que dejar salir por el drenaje del estanque y que era sustituida por agua nueva, por lo tanto el

volumen de agua usada en el periodo de estudio (VAU/Kg-rep) se estimó registrando el tiempo de funcionamiento de la electrobomba para lograr la referida visibilidad del disco de Sechi y multiplicando dicho valor por el caudal de aforo de la electrobomba. Una vez conocida la cantidad de agua usada durante todo el estudio, se procedió a dividir dicho número entre los kilogramos de reproductores en el sistema de ET (2.700 ♀ de 181,4 gramos y 900 ♂ de 202,0 gramos).

Para estimar el VAU/Kg-rep en las PMP, se calculó el volumen inicial de llenado de los diferentes compartimientos del sistema (piletas, tanque de suministro y filtro biológico). Semanalmente se observaba el nivel de llenado del tanque de suministro y se adicionaba agua nueva hasta recuperar dicho nivel. La adición del agua nueva se hacía mediante una electrobomba la cual era aforada previamente, con dicho dato y el tiempo de funcionamiento del referido equipo se calculaba el volumen adicionado. Dichas cantidades se fueron sumando al volumen inicial de llenado de los diferentes compartimientos y finalmente se dividió entre la biomasa de reproductores en las PMP.

Horas hombres por reproductor (h.homb/Rep): La cantidad de horas dedicadas a las labores de mantenimiento, alimentación y pesca, se calcularon sumando el producto de la cantidad de personas dedicadas a cada labor por el tiempo en horas que les tomaba llevar a cabo cada labor.

Potencia de aireación por reproductor (HP/Rep): Se determinó multiplicando el valor nominal en la placa del equipo usado en cada sistema por el número de horas de funcionamiento y luego se dividió entre el número total de reproductores en los estanques o en las piletas respectivamente.

Huevos por unidad de área

Para determinar la cantidad de huevos por unidad de área (Huev/m²), cada vez que se llevó a cabo el muestreo se procedió a dividir el volumen total de huevos colectados en cada estanque entre su respectiva superficie. De la misma manera se hizo con las piletas de mínima profundidad. Posteriormente se llevó a cabo una prueba T para comparar las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 2 muestra una tendencia donde la tasa de desove en las PMP fue superior (15,91 ± 4,12%) a la observada en los estanques de tierra (12,90 ± 3,96%), aunque estadísticamente no se halló diferencias significativas entre estas cifras (P>0,05). En ambos sistemas la tasa de desove fue superior a la reportada por Fayed *et al.* 2016. También se puede apreciar que la fecundidad absoluta mostró tendencia a ser mayor en las PMP (1.942,82 ± 367,56) que en los ET (1.779,22

± 301,86). Sin embargo, la prueba T, tampoco indicó diferencias significativas ($P > 0,05$) para esta variable. En cuanto a los tipos de huevos se puede notar que tanto para el sistema de PMP como para el de ET el porcentaje de huevos maduros fue superior al de huevos vitelinos. En todo caso los valores de fecundidad absoluta observadas en este estudio fueron mayores a los reportados por Hossan *et al.* 2002, Prieto y Olivera, 2002, Perdomo *et al.* 2017 y Mashaii *et al.* 2019.

En cuanto al VAU/Rep, en el cuadro 2, se puede observar claramente que el sistema de ET requirió 13 veces más agua por reproductor que el sistema de PMP, lo cual representa un ahorro significativamente alto de este valioso recurso, condición buscada para maximizar la eficiencia de producción en la acuicultura (Hargreaves, 2013, Collazo y Arias 2015) y así lograr los objetivos planteados en la gestión de la acuicultura señalados en el último informe del estado mundial de la acuicultura (FAO, 2018), lo que a su vez posibilita la instalación de centros de producción de alevines de tilapia en zonas donde el agua es muy escasa y costosa (Crab *et al.* 2012).

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables estudiadas (T-Student)

Variables estudiadas		Medias
% ♀.Des/mues (%)	Piletas	15,91 ^a ± 4,12
	Estanques	12,90 ^b ± 3,96
Fecundidad absoluta	Piletas	1.942, 82 ^a ± 367,56 54,47 % Huevos maduros 45,54 % Huevos vitelinos
	Estanques	1.779,22 ^a ± 301,86 59,52 % Huevos maduros 40,47 % Huevos vitelinos
VAU/Rep (m ³ /Rep)	Piletas	0,0579
	Estanques	0,7650
H.homb/Rep	Piletas	0,076
	Estanques	0,187
HP/Rep	Piletas	0,0333
	Estanques	0,0133
Huevos/m ²	Piletas	6,39 ^a ± 2,433
	Estanques	2,177 ^b ± 0,691

Diferentes letras en superíndice indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

De manera similar es posible observar que la cantidad de horas hombres invertidas en el sistema de ET fue casi 2,5 veces mayor a las requeridas en el sistema de PMP. Este resultado sugiere un ahorro significativo en los costos por concepto de mano de obra, lo cual puede convertir al sistema de PMP en una alternativa en lugares donde la mano de obra es escasa y sobre todo costosa.

La comparación de las medias para la variable cantidad de huevos por m², mostró diferencias significativas ($P < 0,05$), es decir, una producción de casi tres veces más en el sistema de PMP.

Referente a la potencia de aireación los resultados obtenidos son inversos a los obtenidos para las variables anteriores, es decir, el sistema de PMP demandó 2,5 veces más potencia de aireación que el sistema de ET, lo cual luce desfavorable puesto que este parámetro está directamente relacionado con los costos de energía que en algunos países o regiones son una gran limitante. Sin embargo, si se considera que la factibilidad económica de los sistemas de producción de alta densidad, como el de las PMP, mejoran cada vez más si se acoplan a sistemas de energía alternativos como la solar o eólico.

CONCLUSIÓN

El nuevo sistema de PMP permitió un mejor volumen de huevos producidos por unidad de área; uso eficiente del agua y manejo más adecuado del recurso humano, en comparación con el sistema ET en el proceso de reproducción de la tilapia roja.

AGRADECIMIENTO

Damos las gracias a la Granja Piscícola Las Brisas por el apoyo brindado y el suministro de recursos e instalaciones para la realización de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Biswas A., Morita T., Yoshizaki G., Maita M., and Takeushi T. (2005). Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243:229-239.
- Collazo L. y Arias J. (2015). Fundamentos de la tecnología bioflocs (FT). Una alternativa para la acuicultura colombiana. Una revisión. *Orinoquia*. 9(1):1-13.
- Costa-Pierce B. (2002). The evolution of the blue revolution. Ecological aquaculture. Chapter 12 (339-368).
- Crab R., Defoirdt, T., Bossier P. and Verstraete W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture* :351-356.

- De Silva, M.P., Senaarachchi, W.A., and Liyanage N.P. (2015). Establishment and Hatchery for production of a simple minihatchery for production of *Oreochromis niloticus* (GIFT strains) sedes. *Ruhuna Journal of Science*. 6:1-12.
- FAO, (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos sostenibles. Roma. Licencia: CC By-NGSA 3.0
- Fayed W.M.A., Sallam, G.R., El-Greisy Z.Z. and El-Sabwy, M.A. (2016). Nile tilapia broodstocks performance and fry production. *Mediterranean Aquaculture Journal*. 8:1-13.
- Green, B. (2006). Sistema de producción de alevines. Editorial Webster. Tilapias: Biología, cultivo y nutrición. Binghamton, New York. Páginas 181-210.
- Hargreaves J. (2013). Biofloc Production system for aquaculture. Southern Regional Aquaculture Center. Publication N. 4503.
- Mashaii N., Rajabipour F., Jafari M., Mohamad, M., Habib S., Hodayu H.Z. & Matinfar A. (2019). Some spawning performance parameters of cultured Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, under brackish water. *Aquatic Science and technology*. 7(1):1-15.
- Perdomo D., Perea-Ganchuu, F., Morantino, P., González M., Reyna, Y., y Corredor, Z. (2017). Recolección semanal de huevos embrionados de tilapias (*Oreochromis* sp) como estrategia productiva en tanques de concreto. *Revista Científica*. 27(6):1-25.
- Prieto C. y Olivera M. (2002). Incubación artificial de huevos embrionados de tilapia roja *Oreochromis* sp. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 15:115-120.
- Verdegem, M.C.J., Bosma R.H. y Verreth J.A.J. (2006) Reducción del uso del agua para la producción animal a través de la acuicultura. *International Journal of Water Resources Development*, 22(1):101-113.
- Watanabe W., Losordo, T., Fitzsimmons K. and Hanle F. (2002). Tilapia production system in the Americas Technological Advances Trends and Challenges. *Reviews in fisheries science*. 10:465-498.

Análisis cualitativo de la dieta natural del chame (*Dormitator latifrons*; Richardson, 1844) en el humedal la Segua, Manabí, Ecuador

Fernando Isea León¹, Patricia Aguilar³, A. E. Bermúdez-Medranda¹, Vanessa Acosta², Marjorie Idrovo³, Luz Marina Soto², María Lourdes Guerra⁴, Ana María Santana-Piñeros¹, Yanis Cruz-Quintana¹, Miriam Steinitz-Kannan⁵, Carlos López²

¹Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental. EAP-UTM. | ²Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología de Sistemas Acuáticos, EAP-UTM. | ³Grupo de Investigación Biología y Cultivo de Equinodermos, Escuela de Acuicultura y Pesquería. Departamento de Acuicultura y Pesca. Facultad de Ciencias Veterinarias (FCV). Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. | ⁴Estudios de Postgrado. Universidad de Barcelona. España. | ⁵Department of Biological Sciences. Northern Kentucky University. U.S.A.

✉ fisea@utm.edu.ec; fernandoisea77@gmail.com

RESUMEN

Se realizó un análisis cualitativo de la dieta natural del chame *Dormitator latifrons*, procedente del Humedal la Segua, provincia de Manabí, Ecuador, con la finalidad de evaluar a futuro la posible adaptación alimenticia de organismos juveniles y adultos en condiciones de cultivo. Para ellos se colectaron 15 peces que se trasladaron al Laboratorio de Sanidad Acuícola de la Universidad Técnica de Manabí, se sacrificaron, se les extrajo la porción del estómago y se conservó en una solución de formol al 10%, para luego hacer las observaciones macroscópicas y microscópicas de los ítems alimentarios. Como resultado se identificaron 24 taxones de microalgas y 10 microinvertebrados componentes del plancton natural del humedal la Segua. También se evidencia la presencia de otros componentes como detritus, escamas de pescado, larvas de insectos y fibras de plástico en el contenido estomacal del chame *D. latifrons*. Según los resultados obtenidos este pez en la etapa juvenil se caracteriza según su hábito de alimentación como detritívoro con más tendencia a omnívoro porque consume materia vegetal y animal.

Palabras clave: Detritus, fitoplancton, zooplancton, cualitativo, chame.

INTRODUCCIÓN

El chame *Dormitator latifrons* (Richardson, 1844) es uno de los peces nativos más importantes del Ecuador, siendo cultivado en sistemas extensivos en todas las provincias de la costa. Actualmente, la reproducción en cautiverio y la alimentación de alevinos son los dos puntos críticos que impiden cerrar el ciclo biológico de la especie y desarrollar una tecnología de cultivo. Yañez-Arancibia (1976) indica que los hábitos alimentarios del chame se basan fundamentalmente de detritus, restos vegetales, anélidos y copépodos, lo que le brinda a la especie una gran importancia ecológica porque transforma la energía potencial del detritus en energía utilizable. Yañez-Arancibia y Díaz-González (1977) mencionan que la dieta del chame puede variar dependiendo de la localidad, época del año y disponibilidad de alimentos. Los pocos estudios disponibles sobre composición de dietas en chame, solo mencionan el nivel trófico de la especie e identifican algunos ítems alimentarios hasta nivel de género, por lo que aún existen muchos vacíos en cuanto a la composición taxonómica de los ítems, y su variabilidad entre fases ontogenéticas, ambientes o temporada climática. En este sentido, el objetivo de este trabajo es analizar cualitativamente la dieta chame adulto en un ambiente natural durante la temporada de lluvias.

METODOLOGÍA

Las muestras de 15 ejemplares de chame *D. latifrons* fueron obtenidas del humedal La Segua, Manabí, Ecuador. Para ellos los peces fueron trasladados en gavetas y llevados al laboratorio de Sanidad Acuícola donde fueron sacrificados para detener el proceso digestivo y proceder a hacer la extracción de la porción del sistema estomacal (estómago) y colocarlo en envases plásticos con una solución de formol al 4%. Seguidamente se procedió a hacer las observaciones macroscópicas y microscópicas con Microscopio estereoscópico y Microscopio óptico ambos marca Olympus. En ambos casos se tomaron fotografías con una cámara marca AmScope, y se procedió a realizar la identificación de fitoplancton y zooplancton y otros ítems mediante claves taxonómicas especializadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuadros 1 y 2, se muestran los resultados de la identificación de microalgas y microinvertebrados presentes en el contenido estomacal de muestras del chame *Dormitator latifrons*. En total se logró identificar 24 taxones microalgas y 10 taxones microinvertebrados, componentes del plancton y bentos natural del humedal la Segua.

Cuadro 1. Especies de microalgas identificadas en el contenido estomacal del chame *D. latifrons* provenientes del Humedal La Segua, Manabí. Ecuador.

Microalgas	
1.	<i>Achnantheidium</i> sp.
2.	<i>Anabaena</i> sp.
3.	<i>Anabaenopsis</i> sp.
4.	<i>Ankistrodesmus</i> sp.
5.	<i>Chroococcus</i> sp.
6.	<i>Diatomea</i> sp.
7.	<i>Diploneis</i> sp.
8.	<i>Euglena</i> sp.
9.	<i>Fragillaria</i> sp.
10.	<i>Merismopedia</i> sp.
11.	<i>Nitzschia</i> sp.
12.	<i>Nodularia</i> sp.
13.	<i>Oscillatoria</i> sp.
14.	<i>Pediastrum</i> sp.
15.	<i>Phacus</i> sp.
16.	<i>Phacus tortus</i>
17.	<i>Phormidium</i> sp.
18.	<i>Planktothrix</i> sp.
19.	<i>Pleurosigma</i> sp.
20.	<i>Pseudoanabaena</i> sp.
21.	<i>Pseudoanabaena</i> sp.
22.	<i>Scenedesmus</i> sp.
23.	<i>Synechococcus</i> sp.
24.	<i>Tetradesmus</i> sp.

Cuadro 2. Microinvertebrados identificados en el contenido estomacal del chame *D. latifrons* provenientes del Humedal La Segua, Manabí. Ecuador.

Microinvertebrados	
Crustáceos:	
1.	Nauplios de copépodos
2.	Copépodos ciclopoides
3.	Ostrácodos
4.	<i>Ilyocriptus</i> sp. (Cladóceros)
Rotíferos:	
5.	<i>Brachionus calyciflorus</i>
6.	<i>B. havanaensis</i>
7.	<i>B. mirabilis</i>
8.	<i>Keratella cochlearis</i>
9.	<i>K. tropica</i>
10.	<i>Platyas quadricornis</i>

Se evidencia (cuadro 3) la presencia de otros componentes como detritus, escamas de pescado, larvas de insectos y fibras de plástico en el contenido estomacal del chame *D. latifrons*.

Cuadro 3. Otros ítems del contenido estomacal del chame *D. latifrons* provenientes del Humedal La Segua, Manabí. Ecuador.

Otros ítems	
1.	Detritus
2.	Escama de pescado
3.	Larvas de dípteros
4.	Fibras de microplásticos

En el contenido del estómago del chame se encontraron restos correspondientes a microalgas (*Spirogyra*, *Oscillatoria*) y larvas de insectos (Chironomidae). Según Axelrod *et al.* (1962), el chame come cualquier cosa y atacará a otros peces cuando esté hambriento, es un comedor codicioso (Turnbull, 1980). Por su parte, Yañez Aranciba, (1976) y Freire C.A. (2016) refieren que la alimentación y hábitos alimenticios de *Dormitator latifrons*, se basa fundamentalmente en el detritus y restos vegetales, correspondiendo por lo tanto a un consumidor primario del tipo detritívoro, componentes que se observaron en todos los peces revisados. Sin embargo, de acuerdo a otras condiciones como la época del año, a la localidad y a la disponibilidad del alimento, puede comportarse también como un organismo omnívoro, incorporando en su dieta, anélidos, copépodos y otra microfauna, con cierta proporción. Por su posición trófica compete interespecíficamente con otros peces detritívoros (Yañez Aranciba, 1976). También se ha encontrado material inorgánico no identificado (Agualsaca, 2014), y fibras de microplástico en estos especímenes revisados.

En las figuras 1 y 2, se observan diferentes taxones de microalgas y microinvertebrados que se observaron en el contenido estomacal de chames colectados del Humedal la Segua en su ambiente natural, destacándose la presencia de una gran diversidad de estas microalgas y organismos zooplanctónicos. También se presentaron otros ítems como detritus, restos de escamas y material plástico inorgánico que se muestran en la figura 3.

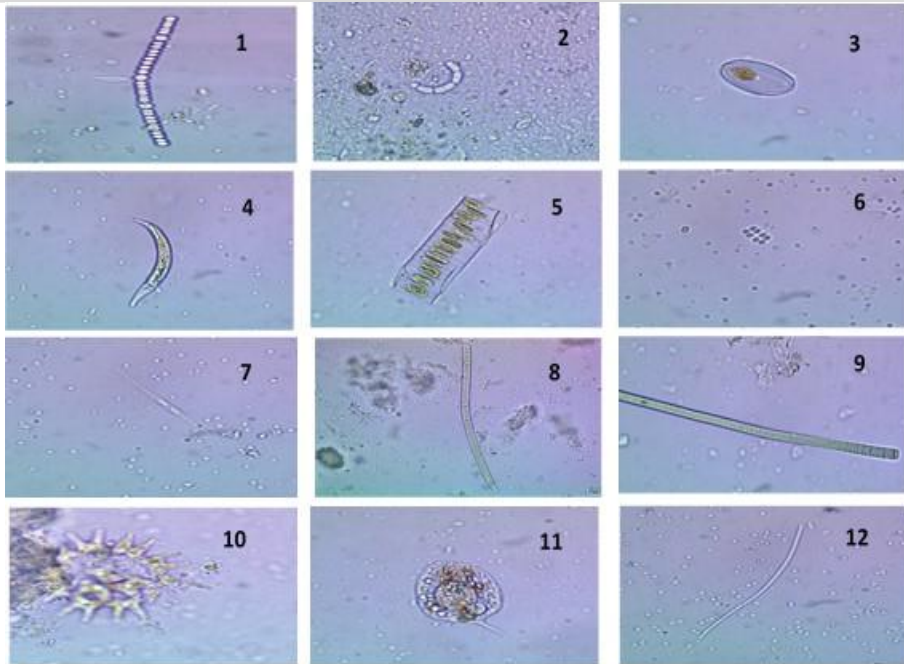


Figura 1. Fotografías de microalgas identificadas en el contenido estomacal del chame *D. latifrons* provenientes del Humedal La Segua, Manabí. Ecuador. 1. *Anabaena* sp., 2. *Anabaenopsis* sp., 3. *Diploneis* sp., 4. *Euglena* sp., 5. *Fragillaria* sp. 6. *Merismopedia* sp. 7. *Nitzschia* sp. 8. *Nodularia* sp. 9. *Oscillatoria* sp. 10. *Pediastrum* sp. 11. *Phacus* sp. y 12. *Planktothrix* sp.

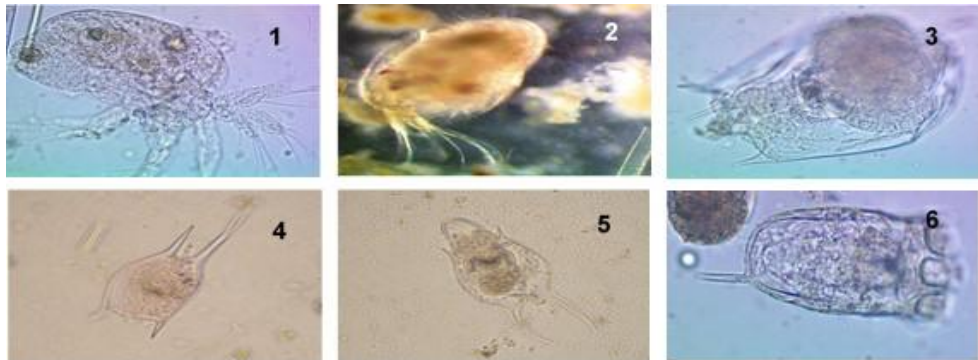


Figura 2. Fotografías de microinvertebrados identificados en el contenido estomacal del chame *D. latifrons* provenientes del Humedal La Segua, Manabí. Ecuador. 1. Nauplios de copépodos, 2. Ostrácodos, 3. *Brachionus calyciflorus*, 4. *Brachionus havanaensis*, 5. *Brachionus mirabilis*, 6. *Keratella tropica*.



Figura 3. Fotografías de otros ítems presentes en el contenido estomacal del chame *D. latifrons* provenientes del Humedal La Segua, Manabí. Ecuador. 1. Escama de peces, 2. Larvas de dípteros, y 3. Fibra de micro plástico.

CONCLUSIONES

Los componentes de la dieta natural de esta población de chame se corresponden con la categoría omnívora a la que se ha atribuido en anteriores estudios.

Se destaca la gran diversidad de microalgas y rotíferos encontrados que parece reflejar la disponibilidad de estos recursos tróficos en el ambiente. Se reporta la presencia de microplásticos.

Dado el carácter cualitativo del presente trabajo es necesario realizar estudios que analicen de manera cuantitativa la dieta natural y sus variaciones temporales y espaciales, sus variaciones día-noche, cambios con la edad y talla entre otros. Los presentes resultados servirán como guía en la identificación de los ítems en los estudios futuros de esta población.

REFERENCIAS

- Agualsaca J.G. (2014). Adaptación del chame (*Dormitator latifrons* R.) sometido a cautiverio utilizando cuatro niveles de detritus y balanceado en su alimentación. Tesis. 18 de agosto de 2019. [en línea]. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9692/1/T-ESPE-002708.pdf>
- Axelrod, H.R., C.W. Emmens, D. Sculthorpe, Wm. Vorderwinkler, and N. Pronek. (1962). Exotic Tropical Fishes, T.F.H. Publications, New Jersey. 260p.
- FAO. (2009). Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Aquaculture Production (1950-2007). FISHSTAT Plus - Universal software for fishery statistical time series [online or CD-ROM]. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Freire C.A. (2016). Experiencias en el manejo del Chame (*Dormitator latifrons*) en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador. Primera Edición. 106 p. Consultado el 15 de septiembre de 2019. [en línea]. <http://anyflip.com/mqwx/yldh>
- Turnbull D.A. (1980). Synopsis of Biological Data on the Broad-Headed Sleeper Goby, *Dormitator latifrons*. 18 de agosto de 2019. [en línea]. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/5400/IDL-5400.pdf?sequence=1>
- Vicuña O. (2010). Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. Serie Acuicultura en Latinoamérica. # 10. FAO. 15 de julio de 2019. [en línea]. http://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros//peces_nativos_agua_dulce_america_sur_interes_acuicultura_fao.pdf
- Yañez Arancibia, A. (1976). Ecología trofodinámica de *Dormitator latifrons* (Richardson) en nueve lagunas costeras del Pacífico de México. (PISCES: ELEOTRIDAE), 17.
- Yañez-Arancibia, A. y G. Díaz-González (1977). An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Ecología trofodinámica de *Dormitator latifrons* (Richardson) en nueve lagunas costeras del Pacífico de México. (Pisces: Eleotridae). 125-140.4 (1).

Parásitos metazoarios en calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) del Pacífico ecuatoriano

Leonela Griselda Muñoz-Chumo, Jonathan Fabricio Lucas-Demera, Ana María Santana-Piñeros, Yanis Cruz-Quintana

Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental. Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí. Ciudadela Universitaria, Leónidas Plaza, Bahía de Caráquez, Ecuador. Teléfono 00593-5-2399300 ext. 1003.

✉ cqyanis@gmail.com

RESUMEN

El calamar gigante *Dosidicus gigas* es un elemento clave en la red trófica de ecosistemas pelágicos y constituye un recurso pesquero importante en el Pacífico, soportando pesquerías (industrial, artesanal y deportivas) principalmente en México, Costa Rica, Perú y Chile. Recientemente en Ecuador se ha comenzado a explotar esta especie para consumo humano, pero muchos aspectos biológicos, como el caso de los patógenos que afectan a *D. gigas*, aún se desconocen. Estudios parasitológicos en *D. gigas* en México, Chile y Perú han identificado alrededor de once especies de parásitos, algunas de ellas con implicaciones en la salud pública, y han permitido establecer relaciones tróficas del calamar gigante con sus presas y depredadores. Con el objetivo de determinar los parámetros de infección de las especies de parásitos en *D. gigas* en el Pacífico ecuatoriano y evidenciar las lesiones que estos le provocan al hospedero, se realizaron muestreos entre septiembre del 2016 y agosto del 2017. Un total de 262 calamares fueron colectados y procesados por técnicas parasitológicas e histológicas convencionales en el Centro de Sanidad Acuícola de la Escuela de Acuicultura y Pesquería, Universidad Técnica de Manabí. Se contabilizaron los parásitos y se calculó la prevalencia, intensidad media y abundancia media para cada taxa de parásito identificada. Se colectaron un total de 2094 parásitos, identificando un total de seis taxas, donde *Hirudinella* sp. y *Lepeophtherius* sp., constituyen un nuevo registro para el hospedero. Las taxas que mostraron los mayores valores en los parámetros de infección durante el estudio fueron *Tetraphyllidea* gen. sp. y *Porrocaecum* sp. Las lesiones ocasionadas por los parásitos en *D. gigas* son mayormente focales, lo cual no compromete la vida del hospedero.

Palabras clave: Pesquería, parásitos, *Dosidicus gigas*, histología.

INTRODUCCIÓN

El calamar gigante *Dosidicus gigas* es un elemento clave en la red trófica de ecosistemas pelágicos (Shukhgalter y Nigmatullin, 2001), lo que lo convierte en hospedero intermediario en los ciclos de vida de varias especies de parásitos. *D. gigas* soporta pesquerías comerciales (industrial y artesanal) y deportivas en el Pacífico, siendo explotada principalmente en México, Costa Rica, Perú y Chile (Morales-Bojorquez y Pacheco-Bedoya, 2016). Esta especie es la que soporta la mayor pesquería de cefalópodos a nivel mundial, con un volumen de captura de 747.010 toneladas en el 2016 (FAO 2018). Particularmente en Ecuador, la información acerca de esta especie es escasa, y los estudios se han enfocado en los aspectos biológicos pesqueros (Morales-Bojorquez y Pacheco-Bedoya 2016, 2016^a, 2017). Sin embargo, a pesar de destinarse para consumo humano, otros aspectos biológicos como el caso de los patógenos que afectan a *D. gigas*, aún se desconocen. Estudios parasitológicos en *D. gigas* en México, Chile y Perú han identificado alrededor de once especies de parásitos, algunas de ellas con implicaciones en la salud pública, y han permitido establecer relaciones tróficas del calamar gigante con sus presas y depredadores (Shukhgalter y Nigmatullin, 2001, Iannacone y Alvariano, 2009 y Pardo-Gandarillas *et al.*, 2009). Lamentablemente, todos estos estudios constituyen reportes de parásitos en calamar gigante, pero no evalúan el daño que estos patógenos ocasionan al hospedero. En el presente estudio se determinan los parámetros de infección de las especies de parásitos que afectan a *D. gigas* en el Pacífico ecuatoriano y se evidencian los daños que estos provocan en el hospedero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ejemplares de *Dosidicus gigas* fueron colectados en septiembre del 2016, marzo, mayo, junio, julio y agosto del 2017, en diferentes puntos del Pacífico ecuatoriano (Fig. 1), utilizando una metodología estandarizada que consiste en líneas de mano con pulperos (Boyle y Rodhouse 2007). Los individuos colectados fueron colocados individualmente en bolsas plásticas debidamente etiquetadas. Una parte de las muestras fue preservada en refrigeración para estudios parasitológicos, mientras que la otra parte fue preservada en formalina neutra al 10% para estudios histológicos. Todas las muestras colectadas fueron trasladadas al Centro de Sanidad Acuícola (CSA) en la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la UTM, para su procesamiento.

A cada ejemplar se le registró la longitud dorsal del manto (LDM) (cm) con una cinta métrica y el peso (g) con una balanza gramera Ohaus®. Todos los ejemplares fueron revisados externa e internamente con ayuda de un estereomicroscopio, en busca de parásitos. Los parásitos observados fueron cuantificados, extraídos de los diferentes órganos del ejemplar y procesados según la metodología de Vidal-Martínez *et al.* (2002) para su identificación. La identificación

taxonómica se realizó hasta el nivel taxonómico más bajo posible utilizando claves para cada grupo. Los parámetros de infección prevalencia, intensidad media y abundancia media, fueron calculados para cada especie de parásito de acuerdo con Bush *et al.* (1997).

Para la evaluación histológica, fragmentos de tejidos parasitados de los organismos fijados en formalina neutra al 10% fueron extraídos y procesados por la técnica de inclusión en parafina, cortados en secciones finas (5 μ m) y teñidos con los colorantes de rutina hematoxilina y eosina (Humason 1979). Las laminillas obtenidas fueron analizadas en un microscopio Olympus® BX53 y las imágenes fueron tomadas con una cámara AmScope® de 9.1 MP acoplada al microscopio.

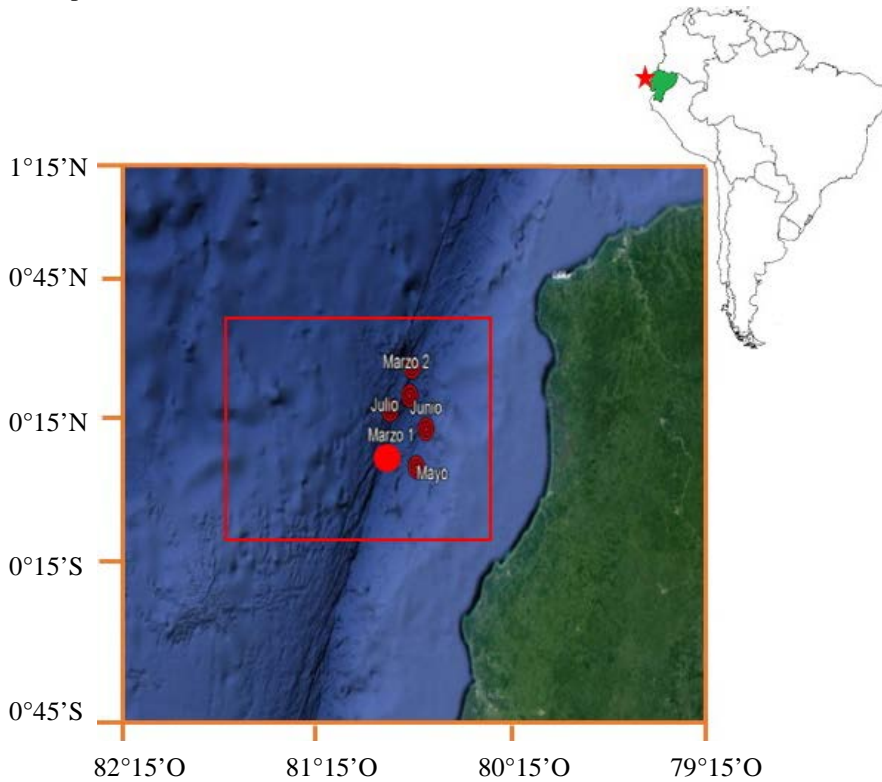


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y sitios muestreados en el Pacífico ecuatoriano. El rectángulo rojo comprende el área muestreada durante el mes septiembre del 2016 (crucero oceanográfico) y los círculos rojos muestran los sitios muestreados en la embarcación artesanal durante el 2017.

RESULTADOS

Se revisaron un total de 262 ejemplares de calamar gigante *Dosidicus gigas* colectados entre septiembre de 2016 y agosto de 2017. El LDM mostró una media de $22,6 \pm 4,6$ cm (11,0 - 38,8), mientras que el peso promedio fue de $353,5 \pm 235,1$ g (50 - 1841,8). El 92% de los calamares ($n= 240$) estuvieron infestados por al menos un taxón parásito. El número total de parásitos colectados fue de 2097 individuos, los cuales pertenecen a seis grupos taxonómicos (Tabla 1; Fig. 2). Del total de parásitos obtenidos, los grupos taxonómicos más abundantes fueron los cestodos con un 85%, seguido de los nematodos con un 55%, los cuales pertenecen a la familia Anisakidae. Los taxones con mayores índices parasitarios fueron *Tetraphyllidea* gen. sp. (P= 84%; I= 6,6; A= 5,5) y *Porrocaecum* sp. (P= 53%; I= 4,3; A=2,3), mientras que *Anisakis* sp., *Tentacularia coryphaenae*, *Hirudinella* sp. y *Lepeophtherius* sp., fueron taxones raros durante el periodo de estudio. Los géneros *Hirudinella* sp. y *Lepeophtherius* sp. constituyen nuevos registros para *D. gigas*.

Tabla 1. Parámetros de infección por taxón parásito registrado en *Dosidicus gigas*. B: Branquias; Cd: Ciego digestivo; Ce: Ciego espiralado; Cp: Cavidad paleal; E: Esófago; G: Gónada; I: Intestino; H: Hepatopáncreas; M: Manto; Mb: Masa bucal; Me: Mesenterios; S: Sifón; Se: Saco espermatofórico; T: Tentáculo.

Taxones	Sitio de infección	Prevalencia (%)	Intensidad media	Abundancia media
NEMATODA				
<i>Porrocaecum</i> sp.	B, Ce, Cd, I, M, Me, S, Se, T,	53	$4,27 \pm 8,80$	$2,28 \pm 8,78$
<i>Anisakis</i> sp. (tipo II)	B, G, I, M, T	5	$1,75 \pm 0,65$	$0,08 \pm 0,65$
CESTODA				
<i>Tetraphyllidea</i> gen. sp.	Mb, Me, I, Cd, E, B, Ce, H	84	$6,60 \pm 7,16$	$5,52 \pm 7,15$
<i>Tentacularia coryphaenae</i>	M, G, Me, T, B, Mb	6	$1,24 \pm 0,36$	$0,08 \pm 0,36$
TREMATODA				
<i>Hirudinella</i> sp.	Mb	3	$1,14 \pm 0,19$	$0,03 \pm 0,19$
CRUSTACEA				
<i>Lepeophtherius</i> sp.	Cp, M	1	$1,00 \pm 0,11$	$0,01 \pm 0,11$

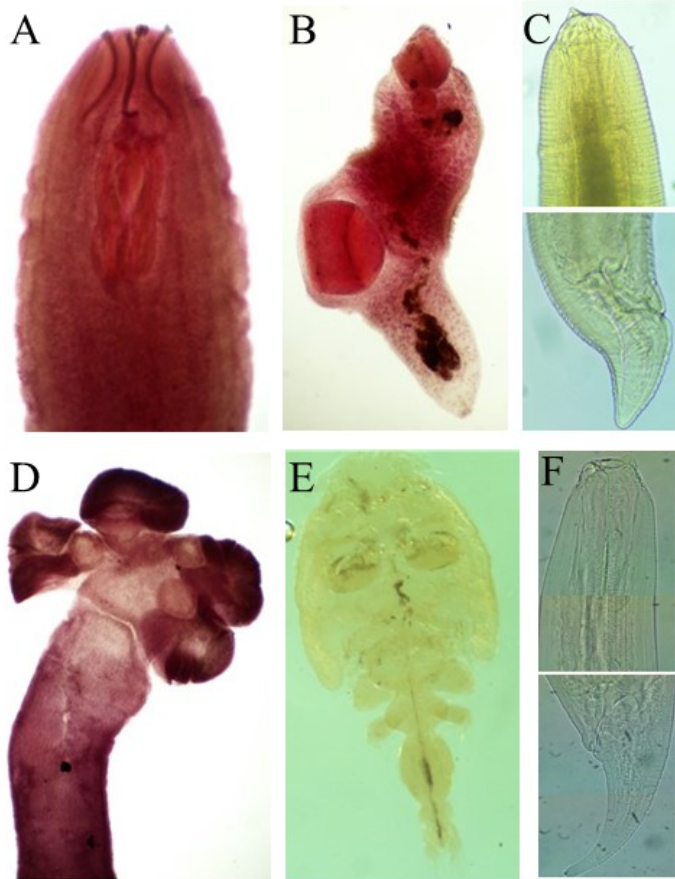


Figura 2. Especies de parásitos en *Dosidicus gigas* en el Pacífico ecuatoriano. A) *Tentacularia coryphaena*; B) *Hirudinella* sp.; C) *Anisakis* sp.; D) Tetraphyllidea gen. sp.; E) *Lepeophtherius* sp.; F) *Porrocaecum* sp.

Los tejidos de *D. gigas* con mayores afectaciones por parásitos fueron la masa bucal, intestino y manto. Los nematodos *Anisakis* sp. y *Porrocaecum* sp., se encontraron infectando principalmente el manto, mesenterios y ciego digestivo, provocando una reacción de tejido conectivo e infiltración hemocítica a su alrededor (Fig. 3A), además de necrosis focal con células pigmentadas (Fig. 3B). Los cestodos se encontraron mayormente en el sistema digestivo, afectando la masa bucal y el intestino, donde provocaron necrosis focal, distensión del tejido e infiltración hemocítica en el tejido conectivo con degeneración del tejido glandular (Figs. 3C-D). La magnitud del daño que ocasionaron los cestodos en el calamar dependió del número de estos patógenos en el área infestada, a medida que el número de parásitos se incrementó, se observó un mayor deterioro del tejido glandular.

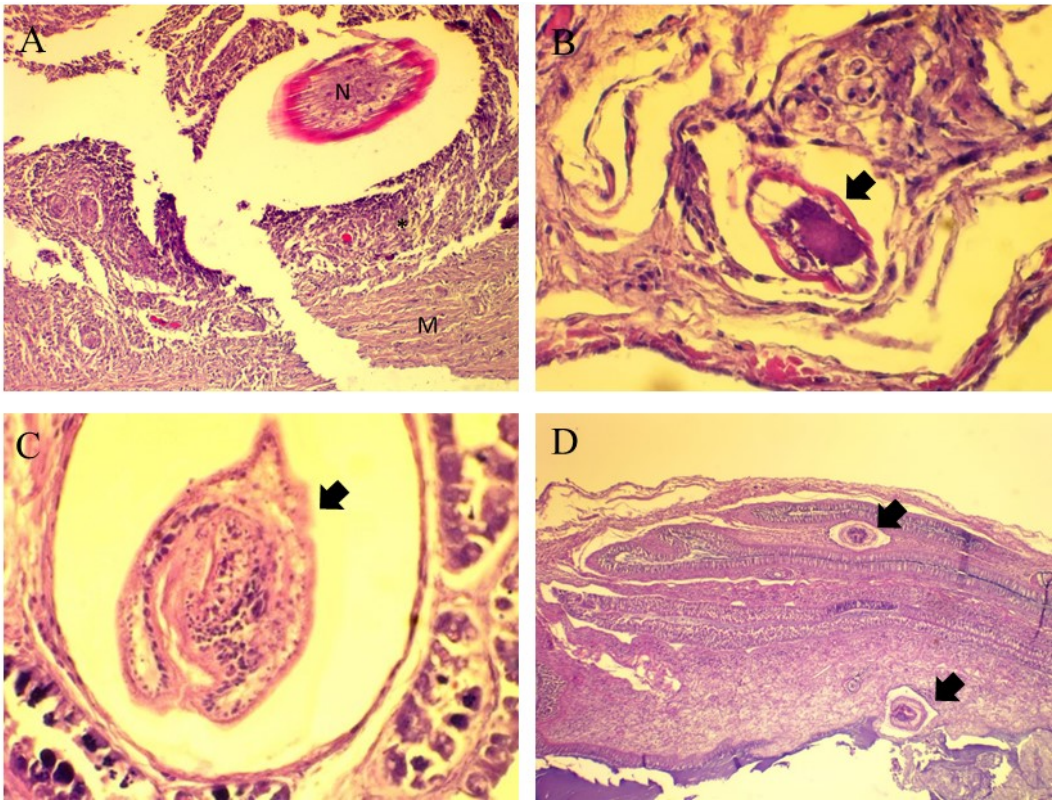


Figura 3. Secciones histológicas de *Dosidicus gigas*. A). Larva de nematodo Anisakidae (N) en la musculatura del manto (M), rodeado por tejido conectivo organizado y un infiltrado hemocítico (*). H-E, 100X. B). Larva de nematodo Anisakidae (flecha) en el ciego digestivo. H-E, 100X. C). Larva de cestodo (flecha) en la masa bucal. H-E, 400X. D). Larva de cestodo (flecha) en intestino. H-E, 40X.

DISCUSIÓN

Seis taxones, *Tetraphyllidea* gen. sp., *Porrocaecum* sp., *Anisakis* sp., *Tentacularia coryphaenae*, *Hirudinella* sp. y *Lepeophtherius* sp., fueron identificados parasitando a *D. gigas* en el Pacífico ecuatoriano. *Tetraphyllidea* gen. sp., *Porrocaecum* sp., *Anisakis* sp. y *Tentacularia coryphaenae*, han sido reportados previamente para este hospedero en todo su rango de distribución (Shukhgalter y Nigmatullin 2001, Pardo-Gandarillas *et al.* 2009, Iannacone y Alvaríño 2009), por lo que el hallazgo de *Hirudinella* sp. y *Lepeophtherius* sp., constituyen nuevos registros de parásitos para *D. gigas*.

Tetraphyllidea gen. sp. no se ha podido identificar a un nivel taxonómico más bajo; sin embargo, de acuerdo a sus características morfológicas (ej. tamaño y forma del quiste, tamaño y forma del escólex, número de botridios y tamaño de las ventosas de los botridios) probablemente se trate de *Pelichnibothrium speciosum*, un cestodo Tetraphyllidea que ha sido reportado en Chile (Pardo-Gandarillas *et al.* 2009), Perú, Ecuador y Panamá (Shukhgalter y Nigmatullin 2001) parasitando a *D. gigas*. Debido a que son estadios larvales, se necesitaran análisis moleculares para la identificación taxonómica.

Tetraphyllidea gen. sp. y *Porrocaecum* sp. constituyen taxones centrales para *D. gigas* en el área de estudio por tener prevalencias superiores a 60%, mientras que *Anisakis* sp., *Tentacularia coryphaenae*, *Hirudinella* sp. y *Lepeophtherius* sp., constituyen taxones raros por tener prevalencias inferiores al 6%, de acuerdo con Holmes y Prices (1986). Estos resultados difieren de los estudios previos (Shukhgalter y Nigmatullin 2001, Pardo-Gandarillas *et al.* 2009, Iannacone y Alvarino 2009), los cuales reportan altas prevalencias de *Anisakis* sp. Tipo I y II (15-70%) y solo Shukhgalter y Nigmatullin (2001) reportan *Porrocaecum* sp. Probablemente la menor prevalencia de anisakidos en este estudio se deba a una menor disponibilidad de cetáceos y pinnípedos, hospederos definitivos de los anisakidos, los cuales son más abundantes en zonas templadas (Klimpel y Palm 2011). Otro factor a tener en cuenta es el cambio climático global, el cual influye en distribución de especies y composición del ecosistema marino (Klimpel y Palm 2011). Esto podría explicar la reducción de la prevalencia de *Anisakis* sp. y *Tentacularia coryphaenae* en el Pacífico ecuatoriano respecto a los años 1981 y 1982 (Shukhgalter y Nigmatullin 2001), mientras que la prevalencia de *Porrocaecum* sp. y Tetraphyllidae gen. sp se ha incrementado notablemente en este mismo período.

Los parásitos observados causaron lesiones focales en los tejidos infestados, que no comprometen la supervivencia de los hospederos. Estudios realizados en peces (Klimpel *et al.* 2004) y cefalópodos (Pascual *et al.* 2007) silvestres muestran que los hospederos pueden albergar abundantes parásitos sin que esto cause mortalidad. Sin embargo, otras implicaciones en la salud de los hospederos (ej. reproductiva, fisiológica, inmunológica) o en su calidad comercial (ej. sabor, color, riesgo zoonosario) deben ser estudiadas cuidadosamente. Un ejemplo de esto último son los nematodos anisakidos, los cuales causan zoonosis y pueden afectar la salud de los consumidores (Klimpel *et al.* 2004), lo que afecta la comercialización de los productos pesqueros (Pascual *et al.* 2007)). En ese sentido, el hallazgo de *Anisakis* sp. en este estudio, podría constituir un riesgo a la salud pública y debería ser un tema de preocupación para estudios futuros ahora que *D. gigas* es una pesquería para consumo humano en Ecuador (Morales-Bojórquez y Pacheco-Bedoya 2016a).

CONCLUSIONES

La comunidad de parásitos de *Dosidicus gigas* en el Pacífico ecuatoriano estuvo compuesta por seis taxas.

Tetraphyllidea gen. sp. y *Porrocaecum* sp., mostraron los mayores valores en los parámetros de infección durante todo el estudio.

Anisakis sp. mostró una prevalencia del 5% durante este estudio, lo que representa un riesgo zoonosario para los consumidores.

Los parásitos provocan mayormente daños focales en los tejidos de los diferentes órganos de *D. gigas*, lo cual no compromete la vida del hospedero.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Sanidad Acuícola y a la Escuela de Acuicultura y Pesquería de la Universidad Técnica de Manabí por el apoyo logístico para el análisis de las muestras. A la Universidad Técnica de Manabí por el financiamiento del proyecto “Variación temporal de la comunidad de parásitos del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Pacífico ecuatoriano” a través de las becas otorgadas para el desarrollo de los proyectos de tesis de L.G.M.C. y J.F.L.D. Al INOCAR, buque ORION y pescadores artesanales del sector El Matal (Jama), por la colaboración en la realización de los muestreos.

REFERENCIAS

- Boyle P., Rodhouse P. (2007). Cephalopods: ecology and fisheries. India: Blackwell Science.
- Bush A., Lafferty K., Lotz J., Shostak, A. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis revisited. *Journal of Parasitology*, 83:575 – 583.
- FAO (2018). El estado mundial de la pesca y acuicultura 2016. Roma. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>
- Holmes J.C., Price P.W. (1986). Communities of parasites. In: Anderson D.J., Kikkawa J. (Eds.), Community ecology: Patterns and Processes. Blackwell, Scientific Publications, Oxford, United Kingdom, pp. 187–213.

- Humason G.L. (1979). Animal tissue techniques, 4th ed. William H. Freeman and Company, San Francisco, California.
- Iannacone J., Alvarino L. (2009). Catastre of endoparasite fauna of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) in the north of Peru. *Neotropical Helminthology*, 3:89-100.
- Klimpel S., Palm H.W. (2011). Anisakid Nematode (Ascaridoidea) Life Cycles and Distribution: Increasing Zoonotic Potential in the Time of Climate Change. In Mehlhorn (ed.), Progress in Parasitology, Parasitology Research Monographs 2. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p201–222. DOI 10.1007/978-3-642-21396-0_11.
- Klimpel S., Palm H., Ruckert S., Piatkowski U. (2004). The life cycle of *Anisakis simplex* in the Norwegian Deep (northern North Sea). *Parasitology Research*, 94:1 – 9.
- Morales-Bojórquez E., Pacheco-Bedoya J. (2016). Population dynamics of jumbo squid *Dosidicus gigas* in Pacific ecuadorian waters. *Journal of Shellfish Research*, 35:1 – 14.
- Morales-Bojórquez E., y Pacheco-Bedoya, J. (2016a). Jumbo squid *Dosidicus gigas*: a new fishery in Ecuador. *Reviews in Fishery Sciences & Aquaculture*, 24:98 – 110.
- Morales-Bojórquez E., Pacheco-Bedoya J. (2017). A mantle structures stock assessment model for the jumb squid *Dosidicus gigas*, fishery of the Ecuadorian Pacific: a limited data approach. *Marine Bioly Research*. doi: 10.1080/17451000.2016.1272696
- Pascual S., González A., Guerra A. (2007). Parasites and cephalopod fisheries uncertainty: towards a waterfall understanding. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17:139 – 144.
- Pardo-Gandarillas M., Lohrmann K., Valdivia A., Ibañez C. (2009). First record of parasites of *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Humboldt Current system off Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 44:397-408.
- Shukhgalter O., Nigmatullin C. (2001). Parasitic helminths of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in open waters of the central east Pacific. *Fisheries Research*, 54:95-110.
- Vidal-Martínez V., Aguirre-Macedo M., Scholz T., González-Solís D., Mendoza-Franco E. (2002). Atlas de los helmintos parásitos de cíclidos de México. Instituto Politécnico Nacional, México.

Uso de curvas abundancia-biomasa (ABC) en la detección de perturbaciones sobre comunidades de macroinvertebrados de playas arenosas de Manabí (Ecuador)

J. Vélez-Falcones^{1,4}, J. Tam-Malaga², V. Acosta³, R. León-Mateo⁴, C. Lodeiros¹, A. García¹ y L. Treviño¹

¹Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador. | ²Laboratorio de Modelado Oceanográfico, Ecosistémico y del Cambio Climático (LMOECC), Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú. | ³Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología de Ecosistemas Acuáticos, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador. | ⁴Laboratorio de Ecología de Procesos, Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú.

✉ jevelezf@hotmail.com

RESUMEN

La perturbación es entendida en un amplio sentido, ya que se ha demostrado que ésta puede generarse por cambios en la variabilidad de factores antropogénicos y naturales que interconectados provocan cambios significativos en las comunidades bentónicas. El objetivo del presente estudio fue evaluar la efectividad de las curvas de Comparación abundancia-biomasa (ABC) como herramientas en la detección de perturbaciones en el ecosistema de playas arenosas. El estudio contrasta las curvas ABC, con otros índices ecológicos (Shannon, Pielou y Margalef), con la finalidad de determinar si existe concordancia de las curvas ABC con la descripción de las condiciones ecológicas durante la época seca y época de lluvia, en 3 playas ubicadas en la franja costera de la zona norte de Manabí, Ecuador, donde se realizaron tres transectos de 100 m de distancia entre sí, distribuidos en tres niveles: supra, meso e infralitoral. Los índices comunitarios analizados no mostraron diferencias entre las playas analizadas, mientras que las curvas ABC según su disposición y los valores del estadístico W de Warwick evidenciaron signos de perturbaciones, asociadas a la estacionalidad ambiental, en particular en el período de lluvia que genera un incremento en la descarga de agua dulce durante las crecidas de los ríos, actuando como modulador de la estructura macrobentónica.

Palabras clave: Índices ecológicos, perturbaciones, macroinvertebrados, playas arenosas, periodo ambiental.

INTRODUCCIÓN

Las playas tienen un gran valor socioeconómico como recurso recreativo, pero a la vez, son susceptibles a perturbaciones de diferente naturaleza, relacionadas con la geomorfología costera, el ambiente natural (influencia de ríos, época estacional, fenómenos naturales y cataclísmicos) y actividades antropogénicas (urbanismo, turismo), las cuales pueden producir modificaciones con efectos negativos sobre los parámetros estructurales de las comunidades macrobentónicas intermareales (Pawar y Al Tawaha, 2017). Debido a su poca movilidad y sensibilidad a las alteraciones del medio, las comunidades bentónicas pueden responder a perturbaciones naturales o provocadas (Chen *et al.*, 2013; Shi, *et al.*, 2014). De este modo, el entendimiento de la respuesta de un sistema a diferentes tipos de perturbaciones es esencial para adoptar medidas apropiadas para su manejo (Lercari *et al.*, 2002), por lo que es necesario valorar estrategias de análisis del bentos, que permitan identificar, de manera eficiente, las perturbaciones naturales y antropogénicas en un momento determinado. En este sentido, se han aplicado diferentes indicadores para detectar factores estresantes o cambios asociados al deterioro ambiental en playas arenosas, mediante el estudio comunidades bentónicas (Borja *et al.*, 2004; Borja y Muxika, 2005; Naser, 2010). La mayoría de éstos se basan en el uso de enfoques de evaluación univariados, como el uso de datos de abundancia e índices de diversidad (riqueza, dominancia, abundancia), y en enfoques de evaluación multivariados, como clasificación y ordenación que, a pesar de detectar cambios en la estructura de la comunidad, no muestran si hay perturbaciones positivas o negativas. Sin embargo, existen otros descriptores frecuentemente usados como las curvas de comparación abundancia y biomasa (ABC), las cuales proporcionan un modelo gráfico que evalúa los cambios en tres componentes: número de especies, la abundancia y la biomasa, en respuesta a los parámetros ambientales (Yemane *et al.*, 2004). Esta aproximación muestra cambios de las comunidades bentónicas en respuesta a las perturbaciones; además, permite evaluar la situación de la comunidad, sin la necesidad de un control (una zona sin perturbación) espacial o temporal con que comparar el índice obtenido, debido a que la biomasa se compara con la abundancia (Clarke y Warwick, 1994). De acuerdo a lo antes señalado, en el presente estudio se comparó el uso de curvas de comparación abundancia-biomasa (ABC) e índices comunitarios, como herramientas para determinar cambios en la estructura comunitaria, según el nivel de perturbación, en 3 playas arenosas ubicadas en la franja costera de la zona norte de Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en tres playas ubicadas en el Cantón San Vicente, zona norte de la Provincia de Manabí, Ecuador. La Playa Canoa (0°46'46,3"S -80°45'83,6"W), con un

intermareal de línea de costa de 98 m de longitud, está bordeada por un asentamiento urbanístico, con infraestructuras de gran afluencia turística, sobre la misma desemboca un río con el mismo nombre que, durante el periodo de lluvia, puede descargar sus aguas sobre la playa. La Playa Briceño ($0^{\circ}51'75,3''$ S $-80^{\circ}44'31,4''$ W) tiene un intermareal promedio de 114 m de longitud, influenciada por río del mismo nombre que confluye en el Océano Pacífico, cuyo caudal se incrementa en época de lluvia, posee menor población, infraestructura y afluencia turística. La Punta Napo ($0^{\circ}56'86,9''$ S $-80^{\circ}43'62,1''$ W), con mayor extensión de intermareal de aproximadamente 169 m de longitud, no presenta asentamientos urbanos, ni aportes de agua dulce visitada ocasionalmente por turistas (Figura 1).

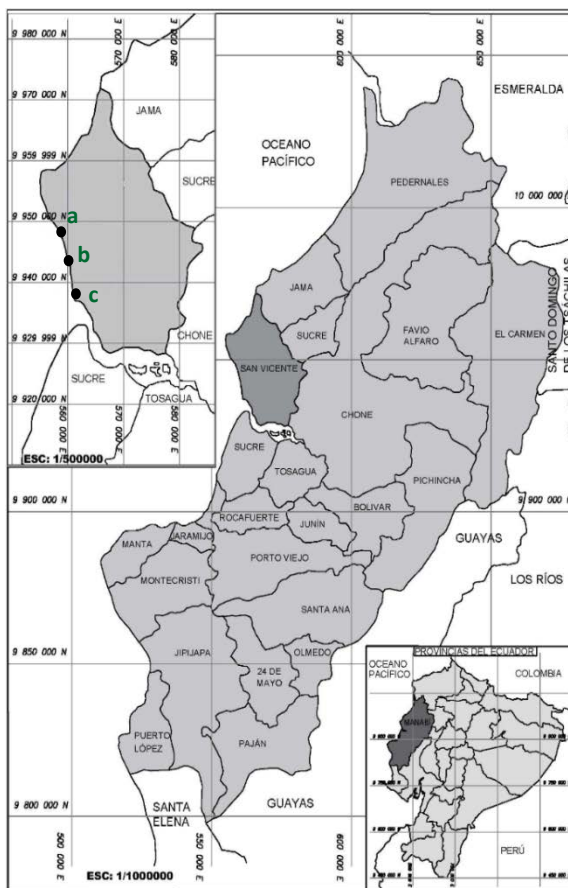


Figura 1. Áreas de estudio: sitios de muestreo (a) Canoa, (b) Briceño y (c) Punta Napo, Manabí-Ecuador

METODOLOGÍA

Las playas fueron muestreadas quincenalmente, durante marea baja, entre octubre 2015 y marzo de 2016, correspondientes a los meses de sequía (ES: octubre noviembre y diciembre) y de lluvia (EL: enero, febrero y marzo). En la zona intermareal de cada playa, se establecieron tres transectos perpendiculares a la línea de costa y a tres niveles intermareales (supra, meso e infralitoral), recolectando 3 réplicas por punto de muestreo. En cada nivel se utilizó una cuadrata metálica de 0,36 x 0,28 m, extrayendo 20 cm de sedimento, el cual fue tamizado en una criba metálica de 0,5 mm de tamaño de malla. Los organismos se almacenaron en contenedores plásticos etiquetados, se tiñeron con eosina y se fijaron en formalina al 10%.

La biomasa de la macrofauna se obtuvo a partir de los pesos de los individuos determinados mediante el uso de una balanza analítica ADAM modelo PW254 con resolución de 0,0001 g.

La estructura comunitaria del macrobentos intermareal en las 3 playas evaluadas se determinó a través de los datos de clasificación taxonómica y el número de individuos (abundancia); asimismo, se determinaron los índices de diversidad de Shannon (H'), Equidad de Pielou (J) y riqueza específica de Margalef (DMg) según Krebs (1985).

Los niveles de perturbación en cada playa se analizaron mediante el método de curvas de Comparación de abundancia-biomasa (ABC), que consiste en que si la curva de biomasa se encuentra por encima de la de la abundancia, el entorno bentónico se considera no perturbado o ligeramente perturbado; de lo contrario, es un indicativo de perturbación. Las curvas ABC, se expresaron mediante el estadístico W de Warwick, con un valor enlazado por -1 y $+1$. Un valor cercano a -1 , indica condiciones perturbadas, mientras que un valor cercano a $+1$, sugiere condiciones no perturbadas o ligeramente perturbadas. Los análisis de los índices comunitarios, curvas ABC y W se obtuvieron a través del programa PRIMER v6.0.

RESULTADOS

Entre las 3 playas se contabilizaron un total de 3738 individuos, pertenecientes a 33 grupos taxonómicos, distribuidos en 21 familias, 12 órdenes y 10 clases, correspondientes a 6 phyla (Mollusca, Arthropoda, Echinodermata, Cnidaria, Platyhelminthes, Annelida). El grupo que mostró mayor abundancia y biomasa fueron los moluscos, con valores mayores en Punta Napo (584 ind en ES y 578 ind en EL) y la menores en Canoa (323 ind en ES y 97 ind en EL). Los artrópodos y equinodermos, mostraron en líneas generales valores inversos de abundancia y biomasa, en las 3 playas analizadas, mientras que los anélidos, tuvieron la misma tendencia, pero con mayor abundancia en Punta Napo.

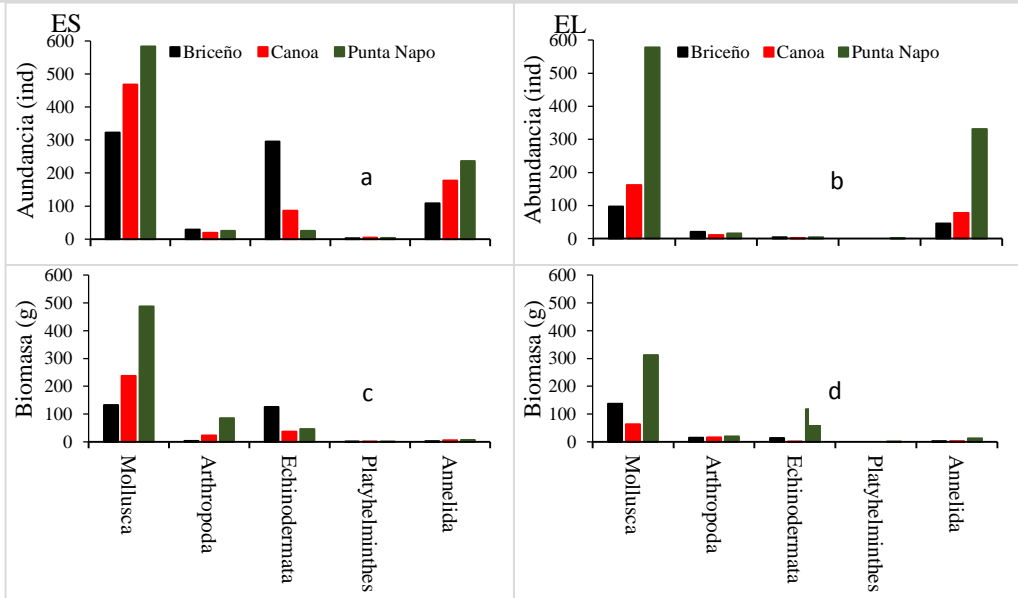


Figura 2. Abundancia (a, b) y biomasa (c, d) de los diferentes phyla identificados en Playa Briceño, Playa Canoa y Playa Napo-Manabí, Ecuador, durante la Estación Seca (ES), y Estación lluviosa (EL).

Los índices comunitarios no mostraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las playas lo que indica que la estructura comunitaria analizada es homogénea (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de análisis de varianza de una vía de los índices comunitarios entre las playas de Manabí.

Índices	Playa	Promedio	Varianza	P valor
Diversidad Shannon	Canoa	1,91	0,08	0,60
	Briceño	1,80	0,10	
	Punta Napo	1,93	0,04	
Equidad Pielou	Canoa	0,61	0,01	0,08
	Briceño	0,59	0,01	
	Punta Napo	0,58	0,00	
Riqueza Margalef	Canoa	3,22	0,35	0,76
	Briceño	2,88	0,26	
	Punta Napo	3,43	0,22	

Las curvas ABC, mostraron diferentes comportamientos en las playas analizadas. En Canoa ($W = -0,108$) y Briceño ($W = -0,162$), se observa que la abundancia está por encima de la biomasa, lo cual sugiere signos de perturbación. Sin embargo, en Punta Napo, la curva de la biomasa estuvo siempre por encima de la abundancia ($W = 0,096$), considerándose como la playa menos perturbada (Figura 3).

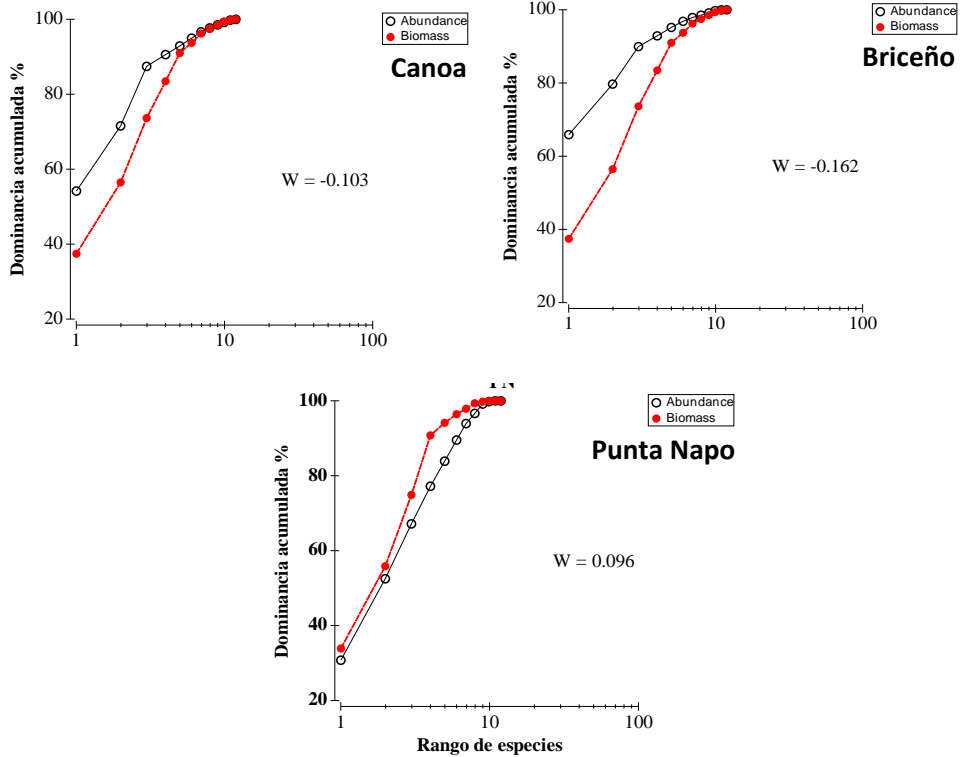


Figura 3. Curvas de comparación abundancia-biomasa (ABC) en las 3 playas analizadas (a) Playa Canoa, (b) Punta napo y (c) Playa Briceño.

A efectos de estimar con mayor precisión las variaciones temporales del estadístico W y conocer los meses de mayor perturbación, se graficaron curvas mensuales de W (Figura 4), observándose que Briceño, mostró mayores signos de alteración ($W = -0.15$), mientras que en Punta Napo y Canoa, los valores de W presentan fluctuaciones mensuales correlativas, a diferencia del mes de marzo, donde en Canoa se observó una elevada alteración por el valor negativo de ($W = -0,14$), mientras que Punta Napo, se mantiene sin cambios ($W = 0,17$). Estas variaciones podrían estar asociadas a la descarga del río en Canoa y a lluvias locales o afluencia turística en Punta Napo, por lo que pueden sugerirse como perturbaciones estacionales u ocasionales.

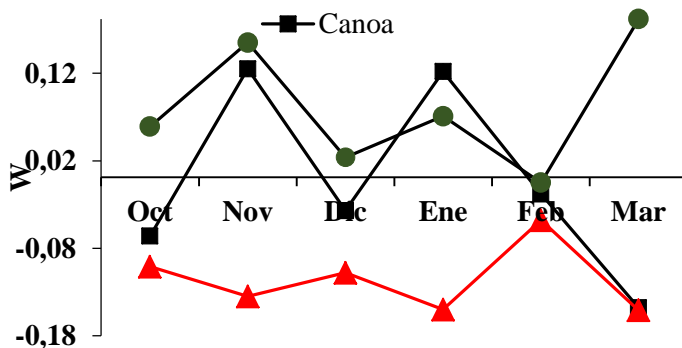


Figura 4. Variación temporal del estadístico W de Warwick de las curvas de ABC en Playa Canoa, Playa Punta Napo y Playa Briceño de Manabí (Ecuador).

DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que los índices comunitarios analizados no muestran diferenciación en la perturbación de las playas estudiadas, dado que presentaron comportamientos similares. Sin embargo, las curvas de comparación abundancia-biomasa (ABC), registraron diferencias en relación al grado de perturbación ambiental de las playas, según la disposición de las curvas y el estadístico W de Warwick, que muestra claramente la influencia de la estocasticidad ambiental temporal (Playa Canoa y Punta Napo) y permanente (Playa Briceño) sobre el macrobentos. El valor de W en Canoa, presentó una tendencia de mostrar perturbación de forma ocasional, probablemente por el factor de mayor afluencia turística producido particularmente en el mes de octubre–diciembre. No obstante, el índice W tiende a aumentar negativamente por la descarga del río en la época de lluvia, por lo que, dicho período ambiental, actuaría como un agente perturbador. Para la Playa Briceño, el índice W indica que se encuentra permanentemente perturbada independientemente del período climático (sequía y lluvia), con mayor nivel de alteración, debido a actividades antrópicas, dada por la descarga contaminante del río Briceño que influye continuamente sobre la playa. En contraste, Playa Punta Napo, se mantuvo estable, por la disposición de la biomasa, que siempre se mantuvo por encima de la abundancia, aunque el índice W, presentó un valor negativo en febrero, asociado a las lluvias locales, que produjeron cambios de salinidad y posiblemente en la textura del sedimento y en estructura de la fauna bentónica. De acuerdo McLusky (1989), las zonas intermareales son vulnerables cuando reciben aporte de agua dulce, provocando reducción de la salinidad en áreas adyacentes. La salinidad es una variable importante e influyente en las poblaciones de las áreas intermareales y submareales, especialmente en zonas con afluencia de ríos, donde las descargas de aguas dulce, intervendrían como un factor perturbante para las comunidades macrobentónicas.

CONCLUSIONES

Los índices comunitarios analizados (diversidad, riqueza y equidad) no mostraron ser adecuados para medir el grado de perturbación en las playas estudiadas, ya que los mismos presentaron comportamientos similares en las playas. No obstante, las curvas ABC mostraron diferenciación entre las playas con diferentes grados de perturbación, sugiriendo ser una herramienta adecuada para medir perturbaciones en playas arenosas.

AGRADECIMIENTOS

G. Reyna suministró un apoyo técnico notable para el desarrollo de la investigación y E. Ibarra Mayorga gestionó la factibilidad de ejecución del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Borja A., Franco J., Muxka I. (2004). The biotic indices and the water framework directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. *Marine Pollution Bulletin*. 48:405-408.
- Borja A., Muxka I. (2005). Guideline for the use of AMBI (AZTIs Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*. 50:787-789.
- Chen X., Gao W., Liu W., Sun C., Kang L. (2013). Characteristics of macrobenthos community structure and its relationship to environmental factors within a typical plain river network Ecology and Environmental Sciences (in Chinese), 22, pp. 1310-1316.
- Clarke K. R., Warwick R.M. (1994). Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth; Plymouth Marine Laboratory, 144 pp.
- Craeymeersch J. A. (1991). Applicability of the abundance/biomass comparison method to detect pollution effects on intertidal macrobenthic communities. *Hydrobiology bulletin*, 24(2):133-140.
- Krebs C. (1989). *Ecological methodology*. Harper and Row Publishers. New York. USA.
- McLusky D.S. (1989). *The Estuarine Ecosystem*, 2nd edition. Blackie, USA: Chapman and Hall, New York.

- Lercari D., Defeo O., Celentano E. (2002). Consequences of a freshwater canal discharge on the benthic community and its habitat on an exposed sandy beach. *Mar. Pollut. Bull.* 44:1397-1404.
- Naser H. (2010). Using macrobenthos as a tool in ecological impact assessment LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany.
- Meire P.M., Dereu J. (1990). Use of the abundance/biomass comparison method for detecting environmental stress: Some considerations based on intertidal macrozoobenthos and bird communities. *J. Appl. Ecol.* 27:210-223.
- Pawar Prabhakar R., Al-Tawaha, Abdel Rahman Mohammad S. (2017). Diversity indices of macrobenthos for assessment of coastal pollution along Uran coast, Navi Mumbai. *Adv. Environ. Biol.*, 11(11):34-50.
- Shi G., Min L., Ghaffar M., Ali M., Cob Z. (2014). Macrobenthos composition, distribution and abundance within Sungai Pulai estuary, Johor, Malaysia American Institute of Physics Conference Series, 1614 (2014), pp. 591-596.
- Warwick R. (1986). A new method for detecting pollution effects on marine microbenthic communities. *Marine Biology* 92(4): 557-562. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00392515>
- Rahman S., Barkati S. (2004). Development of abundance –biomass curves indicating pollution and disturbance in molluscan communities on four beaches near Karachi, Pakistan. *Pak. J. Zool.* 36(2):111-123.
- Warwick R.M., Clarke K.R. (1991). A comparison of some methods for analyzing changes in benthic community structure. *Marine Biological Association of the United Kingdom.* 71: 225–244
- Yemane D. J., Field G., Griffiths H. (2004). Effects of fishing on the size and dominance structure of linefish of the Cape region, South Africa. *African Journal of Marine Science.* 26(1):161 – 177.

Identificación de la ostra de Portobelo, estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador

César Lodeiros¹, Lenin Cáceres², Dailos Hernández-Reyes³, Yanis Cruz-Quintana^{1,2}, Manuel Rey-Méndez^{1,4}, Nieves González-Henríquez^{1,3}

¹Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador | ²Grupo de Investigación en Sanidad Acuicola, Inocuidad y Salud Ambiental, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador | ³Laboratorio BioMol, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España | ⁴Laboratorio de Sistemática Molecular e Instituto de Acuicultura, CIBUS, Campus Vida, Universidad de Santiago de Compostela, 15782-Santiago de Compostela, España.

✉ cesarlodeiroseijos@yahoo.com

RESUMEN

La presente investigación pretende establecer una identificación taxonómica de la ostra en explotación del banco natural de Portobelo, en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador, mediante caracteres de identificación taxonómica básica establecida para las especies de ostreidos del Pacífico tropical y subtropical, y técnicas moleculares de identificación genética. El análisis taxonómico usando características morfológicas, no proyecta una clara identificación, aunque se focaliza en *Crassostrea aequatorialis* o *Crassostrea corteziensis*, los análisis moleculares (COI modificado y ARNr 28S), generaron diferentes grados de identidad del organismo respecto a las secuencias de las especies más próximas identificadas en el BLAST del GenBank y sugieren que no existe un registro genético de las secuencias obtenidas, por lo que es una especie de ostreido que no tiene registros de secuencias en GB, y/o es una nueva especie para el conocimiento científico. Se recomienda realizar un estudio más profundo utilizando un enfoque integrador de análisis biométricos, morfológicos, ecológicos, biogeográficos y genéticos con el fin de obtener una identificación de la especie.

Palabras clave: Ostreidos, Pacífico tropical y subtropical, *Crassostrea aequatorialis*, *Crassostrea corteziensis*.

INTRODUCCIÓN

Aunque las ostras son un recurso conspicuo y muchas de ellas soportan explotaciones incluso industriales, la taxonomía de la familia ostreidae del Pacífico tropical americano es muy complicada y muchas veces se realizan identificaciones erróneas, debido particularmente a la elevada plasticidad morfológica de las conchas en los ostreidos, por lo que se hace necesario un enfoque integrador que combine las informaciones morfológicas con referencias adicionales como datos moleculares, comportamiento, ecología y biogeografía (Padial *et al.*, 2010). Sin embargo, la tipificación de las especies se completa mejor utilizando un enfoque de validación cruzada entre diferentes métodos de identificación de los taxa, en función de los caracteres, la distancia genética y los árboles filogenéticos (Goldstein y DeSalle, 2011).

En Portobelo, una localidad costera del estuario del río Chone (Manabí, Ecuador, Fig. 1), existe una explotación ostrícola desde hace unos años, la cual permite el sustento de algunas familias del pueblo y de sus aledaños. Aunque no hay registros de producción, la información de los pobladores es que la extracción de ostras en el banco está disminuyendo, probablemente debido a la sobrexplotación del recurso, por lo cual se están realizando trabajos de caracterización poblacional y estudios biológicos que permitan un conocimiento básico para emprender acciones de administración del recurso con posibilidad del aumento de la producción mediante actividades de acuicultura. Sin embargo, hasta el momento, no existe una identificación clara de la especie (Fig. 1)



Figura 1. Localización de la zona de muestreo y ejemplar de la especie de Ostreido.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó con ostras provenientes del banco natural de Portobelo, en el estuario del río Chone, provincia de Manabí, Ecuador ($0^{\circ} 38' 21''$ S, $80^{\circ} 21' 38''$ O). Se tomaron muestras para la identificación taxonómica, siguiendo claves y descripciones de Castillo y

García-Cubas (1984), Brito y Mora 2017 y Coan y Valentich (2012). A un grupo de 10 ostras se le extrajo una porción del músculo aductor, que se preservó en alcohol etílico al 80% hasta su análisis.

La extracción total de ADN se realizó con el Kit “E.Z.N.A. Moluscos” (Omega Bio-Tek) analizándose los fragmentos de los genes ribosómicos de las subunidades mitocondriales y nucleares (gen parcial COI y 28S, respectivamente).

Los productos de PCR se obtuvieron con el conjunto de cebadores de código de barras jgLCOI490/jgHCO2198 (Geller *et al.*, 2013) y el 28S-F4-OSTRD/28S-R-OSTRD (Mazón *et al.*, 2016), siendo purificados con el kit ExoSAP-It (Affimetrix) y secuenciados con el kit BigDye v3.1 y el terminador X (Thermo Fisher Scientific).

Los productos de secuenciación se separaron y detectaron en un equipo ABI 3500 (Thermo Fisher Scientific) y las secuencias se editaron, alinearon y enviaron a BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) y BOLD (www.barcodinglife.org) para buscar secuencias similares o idénticas.

Se utilizó un alineamiento múltiple de las secuencias parciales COX1 y 28S obtenidas en el presente trabajo y *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951), *C. columbiensis* (Hanley, 1846), *C. virginica* (Gmelin, 1791), *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) y *Saccostrea palmula* (Carpenter, 1857), extraídas de GenBank para verificar el nivel de similitud con secuencias ya depositadas en NCBI y confirmar la identidad de las muestras secuenciadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación taxonómica morfológica

Las ostras analizadas muestran características de ausencia de cromata, tribu Crassostreini Scarlato & Starobogotov, 1979; subfamilia Crassostreinae Scarlato & Starobogotov 1979; familia *Ostreidae* Rafinesque, 1815; Superfamilia *Otreoidea* Rafinesque, 1815; y orden *Ostreida* Férussac, 1822. Las características de concha usualmente larga pero variable, segmentada con la valva izquierda, con espacios subumbonales (Coan y Valentich 2012), determinan que los especímenes son del género *Crassostrea* (Fig. 2)

A nivel de especie, si bien muestra características de la morfología de la concha similares a *Crassostrea columbiensis* (Hanley, 1846) y particularmente a *Crassostrea corteziensis* (Hertlein, 1951) y *Crassostrea aequitorialis* (d’Orbigny, 1846), descritas en Coen y Valentich, 2012 y Brito y Mora, 2017, no es posible una definición clara según las citadas claves taxonómicas.



Figura 2. Características de la concha del Ostreido.

Identificación sistemática molecular

Citocromo oxidasa subunidad I (COI)

La amplificación del gen parcial modificado COI mostró bandas definidas del tamaño esperado (~600-700pb).

Se obtuvo un conjunto de 19 secuencias parciales del gen COI, entre 550-695 pb. El BLAST de la secuencia consenso de 656 pb identificó las muestras como *Crassostrea columbiensis* con un porcentaje muy bajo de identidad (87%), por lo que no se considera esta identificación como válida.

El árbol y la matriz de distancias de las secuencias obtenidas, mostró igualmente la distancia más próxima con *C. columbiensis*, pero con distancias muy grandes (Fig. 3)

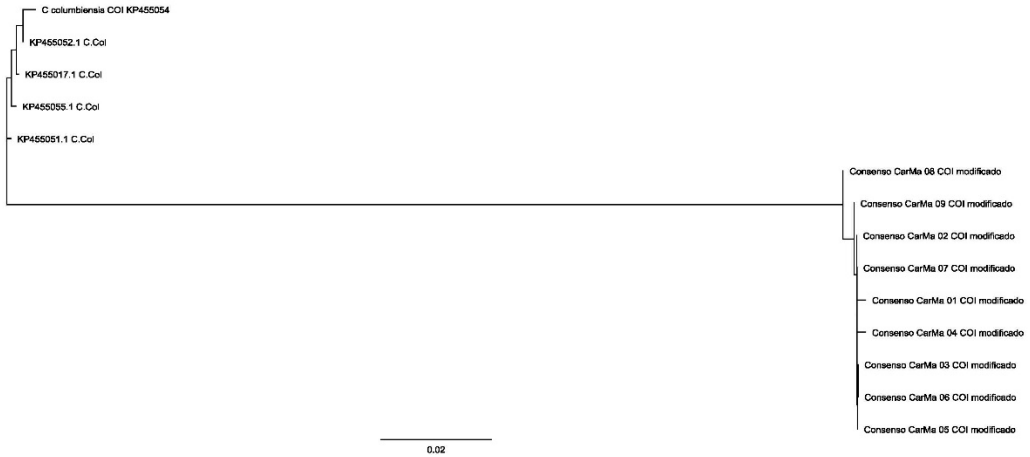


Figura 3. Árbol de distancias de secuencias COI (muestras problema CarMa y accesos GB *C. columbiensis*).

ARN 28S ribosómico

El marcador ARNr 28S permitió una rápida y simple estandarización sin mayores problemas, revelando una banda de ~800 pb.

Se obtuvieron 18 secuencias entre 537-818 pb. El BLAST de estas secuencias identificó las muestras con varias especies del género *Crassostrea* (*C. corteziensis*, *C. virginica* y *C. columbiensis*), siendo el mayor porcentaje de identidad de alguna muestra *C. columbiensis* (98%).

El árbol y la matriz de distancias realizado con las secuencias obtenidas, no muestran una distancia próxima a ninguna de las especies anteriores (Fig. 4), siendo este marcador efectivo para la identificación de varias especies de ostreidos en México (Mazón et al., 2016) (Fig. 4)

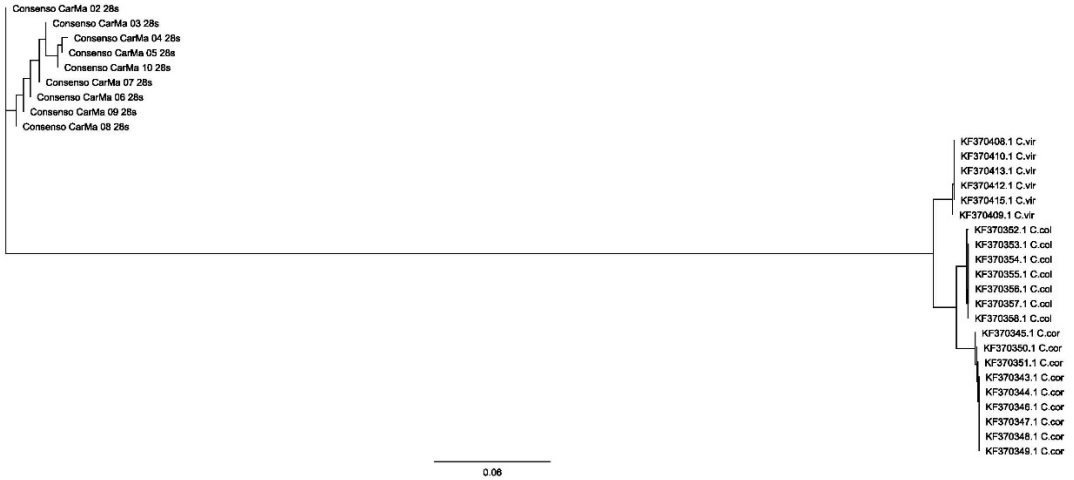


Figura 4. Árbol de distancias de secuencias ARNr 28S (muestras problema y accesos especies de *Crassostrea*, GB: *C. columbiensis*, *C. corteziensis*, *C. virginica*).

CONCLUSIONES

El análisis taxonómico usando características morfológicas, no proyecta una clara identificación, aunque se focaliza en *Crassostrea aequatorialis* o *Crassostrea corteziensis*.

Los análisis moleculares muestran que las secuencias con los dos marcadores utilizados, COI modificado y ARNr 28S, generaron diferentes grados de identidad del organismo respecto a las secuencias de las especies más próximas identificadas en el BLAST del GenBank. No se llegó a una identificación correcta de la especie estudiada.

Dada la dificultad de identificación morfológica de la especie y la baja relación genética de las especies caracterizadas, que sugieren que no existe un registro genético de las secuencias obtenidas, se generan las siguientes hipótesis:

Es una especie de ostreido que no tiene registros de secuencias en GB, y/o es una nueva especie para el conocimiento científico.

Para verificar estas hipótesis, consideramos que se debe realizar un estudio más profundo de este organismo utilizando un enfoque integrador de análisis biométricos, morfológicos, ecológicos, biogeográficos y genéticos con el fin de obtener una identificación de la especie.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa CYTED (red AquaCibus 318RT0549 "Fortalecimiento de la acuicultura en Iberoamérica: calidad, competitividad y sostenibilidad") por promover las interacciones entre los autores.

REFERENCIAS

- Brito, M.J., Mora E. 2017. *Moluscos marinos distribuidos en la primera milla de la costa ecuatoriana*. INP, Guayaquil, Ecuador. 282 pp.
- Castillo Z, García-Cubas A. 1984. Taxonomía y anatomía comparada de las ostras en las costas de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* Univ. Nal. Auton. Mexico, 13(2):249-314.
- Coan, Eugene & Valentich-Scott, Paul. 2012. *Bivalve seashells of tropical west America. Marine bivalve mollusks from Baja California to Peru*. Santa Barbara Museum of Natural History.95pp.
- Geller J, Meyer C, Parker M, Hawk H. 2013. Redesign of PCR primers for mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I for marine invertebrates and application in all-taxa biotic surveys. *Mol Ecol Res*, 13: 851–861. doi:10.1111/1755-0998.12138.
- Goldstein PZ, DeSalle R. 2011. Integrating DNA barcode data and taxonomic practice: determination, discovery, and description. *BioEssays* 33:135–147.
- Mazón-Suástegui JM, Trabal-Fernández N, Leyva-Valencia I, Cruz-Hernández P, Latisnere-Barragán H. 2016. 28S rDNA as an alternative marker for commercially important oyster identification. *Food control* 66: 205-214. doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.02.006.
- Padial JM, Miralles A, De la Riva I, Vences M. 2010. The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology* 7:16.

Composición de la dieta de la corvina de roca *Brotula clarkae* (Hubbs, 1994) desembarcada en el puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador

Jardel Mora-Carranza, José Alió Mingo

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ciudadela Universitaria, Vía Manta-San Mateo, Manta, Manabí, Ecuador.

✉ josealio@hotmail.com; jhmc1995@hotmail.com

RESUMEN

Brotula clarkae, es una especie de pez demersal de la familia Ophidiidae, importante en la pesca artesanal del Ecuador debido a su amplia distribución en la costa, abundancia y talla, aunque es explotada sin regulación específica. La composición de la dieta de los peces permite entender su papel biológico en el ecosistema acuático, por lo que en el presente estudio se determinó este parámetro en *B. clarkae*, para contribuir a la implementación de medidas regulatorias de su explotación. Se analizaron 146 ejemplares de *B. clarkae* entre agosto y diciembre 2018, capturados con palangre de fondo y desembarcados en Jaramijó, Manabí, Ecuador. Los individuos se midieron, pesaron y se extrajeron los estómagos. Estos últimos fueron pesados y vaciados, y las presas encontradas fueron identificadas hasta el taxón más bajo posible. Se calculó el porcentaje en número (%N), peso (%P), frecuencia de aparición (%FO), importancia relativa (%IIR), importancia relativa presa específica (PSIRI), amplitud de nicho (Bi), estrategia alimentaria y nivel trófico (TLK). La dieta estuvo conformada por 31 tipos de presas bentónicas, pertenecientes a peces (76,82% en peso) y crustáceos (23,18%). Los tipos de presa más importantes, según el PSIRI, fueron los peces *Ctenosciaena peruviana* (4,35), *Peristedion barbiger* (4,35) y *Hemanthias signifer* (3,64); y los crustáceos *Portunus iridescens* (10,5) y *Squilla aculeata aculeata* (8,8). Se consideró que *B. clarkae* es una especie meso depredadora especialista, con un nivel trófico (TLK) de 3,89 y un nicho estrecho (Bi 0,4), a pesar de no encontrarse una especie dominante en su dieta.

Palabras clave: Crustacea, Osteichthyes, índice de importancia relativa - IRI, índice de importancia relativa presa específica - PSIRI, nivel trófico

INTRODUCCIÓN

Brotula clarkae (Pisces: Ophidiidae), es una especie bentopelágica que habita fondos rocosos desde aguas poco profundas hasta unos 650 m de profundidad (Nielsen *et al.*, 1999). En Ecuador se la denomina como corvina de roca, y es una de las especies demersales con mayor importancia comercial en la pesca artesanal a causa de su abundancia y tamaño (Villegas *et al.* 2005), alcanzando desembarques de 333.5 t en 2017 (SRP 2019). El recurso está siendo explotado sin alguna regulación específica, y la ausencia de información sobre su biología dificulta el desarrollo de medidas de manejo adecuadas para una explotación pesquera responsable (Mora-Carranza, 2019).

Ante la necesidad de manejar los ecosistemas marinos y diseñar modelos tróficos (Pérez-España, 1994), se plantea que conocer la composición de la dieta de los peces, permite entender aspectos básicos de su papel biológico y comprender la dinámica del necton con el entorno acuático (Hajisamae *et al.*, 2003). En este sentido, el presente estudio tiene como finalidad determinar la composición de la dieta de *B. clarkae*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares utilizados en este estudio procedieron de los desembarques de la flota artesanal realizados en el puerto pesquero de Jaramijó, en la provincia de Manabí, Ecuador (0° 56' 42.466" S-80° 38' 9246" O), durante los meses de agosto a diciembre del 2018, capturados mediante el arte de pesca palangre de fondo.

Los ejemplares se seleccionaron a medida que eran desembarcados y se registraron datos de longitud total con una cinta métrica de 1 mm de precisión y el peso total y del ejemplar eviscerado utilizando una balanza de campo digital con precisión 5 g. El material biológico fue trasladado al laboratorio de la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, donde se estimó el peso de las vísceras con una balanza digital de precisión 0,01 g y se separó los estómagos para su análisis.

La identificación de las presas se realizó bajo un microscopio estereoscópico Labomed, hasta el nivel taxonómico más bajo, utilizando las claves de Chirichigno (1974), Jiménez-Prado & Beárez (2004) y Fischer *et al.* (1995). Para la identificación de los cangrejos y estomatópodos se usó la clave de Moscoso (2013) y para los camarones se utilizó la clave de Méndez (1981). En cuanto a los organismos con un alto grado digestión, se identificaron mediante las estructuras óseas como otolitos usando claves como las de Volpedo & Echeverría (2000), Osorio *et al.* (2003), Hernández-García *et al.*, (2004), Martínez *et al.* (2007) y Tuset *et al.* (2008).

Para la fase cuantitativa, primero se determinó la curva de acumulación de presas por el método de rarefacción, según Sanders (1968), que permitió estimar el número mínimo de ejemplares que debían analizarse, cuando se observara una estabilización del ascenso en el número de especies en los estómagos con relación al de ejemplares evaluados.

Para las presas se usaron índices cuantitativos como: porcentaje en número, peso, frecuencia de ocurrencia, y el índice de importancia relativa (IIR), propuestos por Pinkas *et al.* (1971), analizados y discutidos por Hyslop (1980) y Cortés (1997, 1999). Además, se calculó el porcentaje de importancia relativa presa específica (PSIRI) propuesta por Amundsen (1996) y ajustada por Brown *et al.* (2012). Se describió la estrategia alimentaria mediante un análisis gráfico, mediante la relación de la frecuencia de ocurrencia con la abundancia presa específica de cada ítem (Amundsen, 1996). La amplitud del nicho de los organismos evaluados fue estimada mediante el índice de Levin, el cual se expresa con valores de 0 a 1 (Krebs, 1999). Finalmente, el nivel trófico se evaluó mediante el índice propuesto por Cortés (1999).

RESULTADOS

Se evaluó un total de 146 individuos de *B. clarkae*, de los cuales 76 (52.06%) eran machos y 70 (47.94%) hembras, con una proporción de 1.08M:1H, la cual no difirió significativamente de la esperada (1M: 1H).

El intervalo de talla en machos fue 46 – 112 cm Lt, con mayor abundancia de tallas 50 - 60 cm, y un promedio de 69.9 ± 15.7 cm DE. Las hembras presentaron un intervalo de talla 31.02 – 104 cm con mayor abundancia en tallas de 70 – 80 cm y un promedio de 74.1 ± 15.9 cm. La curva de acumulación de presas indicó que las especies comunes se registraron luego de evaluar los primeros 20 ejemplares, mientras que las especies consumidas de manera más ocasional se siguieron acumulando aun luego de evaluar 46 estómagos.

Entre los ejemplares evaluados, 46 (31.50%) presentaron algún contenido estomacal (Índice de vacuidad 0,69). De los estómagos analizados con contenido, se identificaron 31 taxones que componen su dieta, agrupados en 2 grandes grupos biológicos, Osteichthyes (peces) y Crustacea (estomatópodos, cangrejos y camarones). Las presas más importantes fueron los restos de peces (%IIR= 23.32; %PSIRI= 10.74), *Ctenosciaena preuviana* (%IIR= 2.2; %PSIRI= 4.35), *Peristedion barbiger* (%IIR= 1.4; %PSIRI= 4.35), *Hemanthias signifer* (%IIR= 4.1; %PSIRI= 3.64), *Portunus iridescens* (%IIR= 23.95; %PSIRI= 8.84), *Squilla aculeata aculeata* (%IIR= 14.71; %PSIRI= 8.84), y restos de camarones (%IIR= 6.47; %PSIRI=9.73) (Tabla 1).

Mediante el índice de Levin, se estimó que la dieta de la *Brotula clarkae* presenta una amplitud de nicho reducida ($B_i=0.449$) ya que su alimentación se basa principalmente en peces y crustáceos.

Tabla 1. Composición de la dieta en general de *Brotula clarkae*.

Presas	General				
	%FO	%N	%P	%IRI	PSIRI
Osteichthyes	78.24	49.40	76.82	47.99	51.64
<i>Hemanthias signifer</i>	4.35	2.53	12.88	4.1	3.64
<i>Caulolatilus affinis</i>	2.17	1.27	4.09	0.71	1.55
<i>Prionotus albirostris</i>	2.17	1.27	2.68	0.53	1.24
<i>Ctenosciaena preuviana</i>	4.35	2.53	5.72	2.2	4.35
<i>Peristedion barbiger</i>	4.35	2.53	2.73	1.4	4.35
<i>Carapus dubius</i>	2.17	1.27	4.92	0.82	0.95
<i>Brotula clarkae</i>	2.17	1.27	0.7	0.26	1.33
<i>Diplectrum eumelum</i>	2.17	1.27	10.71	1.59	2.17
<i>Prionotus ruscarius</i>	2.17	1.27	7.11	1.11	2.17
<i>Hoplunnis pacifica</i>	4.35	2.53	0.66	0.85	1.04
<i>Pontinus furcirhinus</i>	2.17	1.27	4.32	0.74	2.17
Pez no identificado	2.17	1.27	0.69	0.26	0.34
<i>Paralichthyidae</i>	2.17	1.27	0.34	0.21	0.62
<i>Scorpaenidae</i>	4.35	2.53	3.46	1.60	2.11
<i>Fistulariidae</i>	2.17	1.27	0.58	0.25	0.31
<i>Gobiidae</i>	4.35	2.53	0.35	0.77	4.35
<i>Haemulidae</i>	2.17	1.27	3.13	0.59	1.54
<i>Pleuronectiformes</i>	8.7	8.86	3.69	6.68	6.67
Restos de peces	19.57	11.39	8.07	23.32	10.74
Crustacea	76.06	50.65	23.18	52.01	48.36
Estomatopoda	19.55	15.2	9.29	15.52	13.58
<i>Eurysquilla solari</i>	2.17	1.27	1.26	0.34	2.17
<i>Squilla biguelowi</i>	2.17	1.27	0.92	0.29	2.17
<i>Squilla aculeata aculeata</i>	13.04	11.39	7.03	14.71	8.84
Restos de estomatópodo	2.17	1.27	0.08	0.18	0.4
Cangrejos	39.13	25.32	11.96	29.49	22.16
<i>Portunus iridescens</i>	19.57	13.92	6.06	23.95	10.51
<i>Trizocarcinus dentatus</i>	6.52	3.8	0.66	1.78	5.19
Cangrejo no identificado	4.35	2.53	3.55	1.62	1.63
<i>Iliacantha schmitti</i>	2.17	1.27	0.83	0.28	0.98
Restos de cangrejos	6.52	3.8	0.86	1.86	3.85
Camarones	17.38	10.13	1.94	7.00	12.62
<i>Solenocera agassizii</i>	2.17	1.27	1.29	0.34	0.72
<i>Haliporoide diomedea</i>	2.17	1.27	0.15	0.19	2.17
Restos de camarones	13.04	7.59	0.5	6.47	9.73

La estrategia alimentaria de *B. clarkae* mostró que la especie presenta una amplitud de nicho estrecha y a pesar de eso no se reflejan presas dominantes en la dieta, teniendo la mayoría de las presas una abundancia específica alta pero baja frecuencia de aparición (Fig.1). Las presas más frecuentes fueron *Portunus iridescens* y *Squilla aculeata aculeata*.

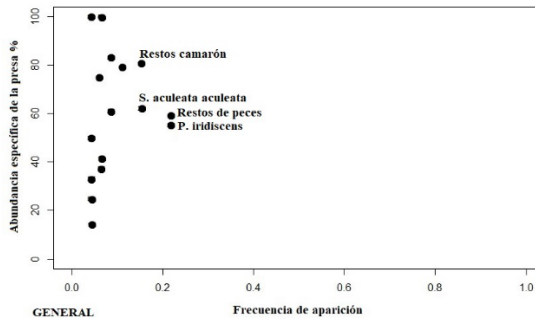


Figura 1. Representación gráfica de la estrategia alimentaria de *Brotula clarkae*.

El nivel trófico se estimó en 3.891, de forma general, lo cual lo posiciona a los ejemplares de *B. clarkae* como consumidores terciarios

DISCUSIÓN

Según los datos registrados durante este estudio, la proporción sexual no tuvo diferencia significativa siendo de 1M:1H, similar a las reportadas por Naranjo-Elizondo *et al.* (2016) en la costa del Pacífico de Costa Rica, y Acevedo *et al.* (2007) en el Pacífico Colombiano. Sin embargo, Franke & Acero (1995) observaron una diferencia significativa en la proporción de sexos (1.6M:1H) en el Pacífico Colombiano.

Las capturas fueron representadas mayormente por individuos de 50 a 70 cm Lt, lo cual revela que *B. clarkae* es un recurso vulnerable ya que su talla media de madurez sexual reportada en Ecuador es de 60 cm (Zamora, 2020), mientras que en Colombia es de 75.4 cm Lt (Puentes *et al.*, 2014) y 71.9 cm Lt en Costa Rica (Herrera *et al.*, 2016). Es necesario establecer medidas que controlen la extracción de juveniles en esta pesquería.

Se encontró un reducido número de estómagos con alimento (31.50%), a diferencia del 49.8% reportado por Naranjo-Elizondo *et al.* (2016), lo cual posiblemente sea debido a la dificultad que tiene trabajar con especies de profundidades altas por el impacto del arte de pesca sobre los ejemplares, ya que al ascender cuando es recuperado, puede provocar el vaciado de los estómagos. Se observó que los peces con contenido estomacal tenían un nivel de llenado alto, entre un 75% a 100%, y un estado de digestión bajo. En este sentido, se puede deducir que esta es una especie nocturna, corroborado por Reshetnikov *et al.* (1974).

En este estudio, *B. clarkae* se mostró como un depredador que basa su alimentación en crustáceos y peces, de manera similar a lo registrado por Naranjo-Elizondo *et al.* (2016) y Angulo y Zapata, (1996). Sin embargo, en estos dos estudios los crustáceos (en especial los

camarones) poseen una diferencia significativa en la importancia como alimento, posiblemente debido a la etapa del año en la que se realizó el estudio y a la respectiva abundancia de las presas, parecido a *Genypterus chilensis*, especie en la cual la importancia entre peces y crustáceos cambia estacionalmente según la abundancia de las presas (Chong *et al.*, 2006),

La alimentación de *B. clarkae* estuvo basada solamente de especies bentónicas. La amplitud de nicho fue reducida, lo que indicaría que es una especie especialista, aunque no presenta una presa dominante en su alimentación. El ecosistema rocoso que habita podría ayudar a que sea una especie oportunista.

Se estableció un nivel trófico de 3.89 colocándolo como un depredador carnívoro secundario, similar a *B. multibarbata* (3,91).

REFERENCIAS

- Acevedo, J., W. Angulo, M. Ramírez & A.L. Zapata. 2007. Reproducción del pez *Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 55(34): 957-967.
- Amundsen, P. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*. 48(4): 607-614.
- Angulo, W. & Zapata, L.A. 1996. Hábitos alimenticios de la merluza "*Brotula clarkae* (Pisces: Ophidiidae) en el Pacífico Colombiano. *Boletín Científico INPA*, 6:91-103.
- Brown, S. C., J.J. Bizzarro, G.M. Cailliet & D.A Ebert. 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes*, 95(1):3-20.
- Chirichigno, F.N. 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú, Callao, 387pp.
- Chong, J., K. Sepúlveda & C.M. Ibáñez. 2006. Variación temporal en la dieta del congrio colorado, *Genypterus chilensis* (Guichenot, 1881) frente al litoral de Talcahuano, Chile (36°32 S-36°45 S). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 41(2):195-202.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54:726-738.

- Cortes, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*, 56:707–717.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, *Pacífico centro-oriental*. Roma. FAO, 3:647-1813.
- Franke, R. & P.A. Acero. 1995. Las especies colombianas del género *Brotula* (Pisces: Ophidiidae). *Caldasia*, 17(82-85):597-601.
- Hajisamae, S., L.M. Chou & S. Ibrahim. 2003. Feeding habits and trophic organization of the fish community in shallow waters of an impacted tropical habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(1): 89-98.
- Hernández-García, M.R., J.A.M. Martínez, T.A.B. Lopez & J. Rodríguez. 2004. Descripción morfológica de los otolitos de las familias Engraulidae, Haemulidae y Achiridae del sistema estuarino de Tecolutla, Veracruz. *Revista de Zoología*, (15):7-13.
- Herrera, M., T.M. Clarke, B. Naranjo-Elizondo, M. Espinoza & I.S. Wehrtmann. 2016. Size at maturity of the Pacific bearded brotula (Ophidiidae: *Brotula clarkae*): a commercially exploited species in the Pacific of Costa Rica. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(3): 657-661.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17(4):411-429.
- Jiménez-Prado, P. & P. Beárez. 2004. Peces Marinos del Ecuador Continental II. Sociedad para la Investigación y Monitoreo de la Biodiversidad Ecuatoriana. Nazca/IFEA, Quito, Vol. 1, 130 pp. Vol. 2, 401pp.
- Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. 2nd ed. Addison-Wesley Educational Publishers, Menlo Park, Calif. 620 pp.
- Martínez, J. A., M.M.C. Arteaga, J.L.T. Musi & A.A.M. Aranda. 2007. Utilización de otolitos como herramienta en la determinación de especies. *Revista de Zoología*, 18:13-18.
- Méndez, M. 1981. Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decápoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín IMARPE*, 5:1 – 170.

- Mora-Carranza, J.H. 2019. Composición de la dieta de la corvina de roca *Brotula clarkae* (Hubbs, 1994) desembarcada en el puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador. Tesis de Pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. 18 pp.
- Moscoso, V. 2013. Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Instituto del Mar del Perú, 28(1-2):8-135.
- Naranjo-Elizondo, B., M. Espinoza, M. Herrera, T.M. Clarke & I.S. Wehrtmann. 2016. Feeding habits of the Pacific bearded brotula *Brotula clarkae* Hubbs, 1944 (Ophidiidae) along the Pacific coast of Costa Rica, Central América. *Journal of Applied Ichthyology*, 32(3):439-447.
- Nielsen, J.G., D.M. Cohen, D.F. Markle & C.R. Robins. 1999. FAO species catalogue, v. 18: Ophidiiform fishes of the world (Order Ophidiiformes). An annotated and illustrated catalogue of pearlfishes, cusk-eels, brotulas and other ophidiiform fishes known to date. FAO Fisheries Synopsis 125, FAO Roma.
- Osorio, I.M., E.F. Balart. & O.A. Oropeza. 2003. Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California. La Paz, Mexico. Universidad Autónoma de Baja California Sur: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, 133pp
- Pérez-España, H. 1994. Hábitos alimentarios del ángel real *Holacanthus passer* Valenciennes, 1846 y del ángel de Cortés *Pomacanthus zonipectus* Gill, 1863 (Osteichthyes: Pomacanthidae) en la costa sur-occidental del Golfo de California. Doctoral dissertation, Instituto Politécnico Nacional. *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*, 5:1-71.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & I.L.K. Iverson. 1971. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito in California Waters. *Fish. Bull.*, 152:1-105.
- Puentes, V., F.D. Escobar, C.J. Polo. & J.C. Alonso. 2014. Estado de los principales recursos pesqueros de Colombia 2014, Serie Recursos Pesqueros de Colombia – AUNAP. Oficina de Generación del Conocimiento y la Información, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca – AUNAP. 244pp.
- Reshetnikov, Y. S., R. Claro-Madrugan & A. Silva. (1974): Ritmo alimentario y velocidad de digestión de algunos peces depredadores tropicales. *Acad. Cien. Cuba, ser. Oceanol*, 21:1-13.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: a comparative study. *American Naturalist* 102:243–282

- SRP. 2019. Desembarques de especies marinas de Ecuador durante 2017. Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Viceministerio de Acuicultura y Pesca, Manta, Ecuador.
- Tuset, V.M., A. Lombarte & C.A. Assis. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *SCI. MAR*, 7(S1): 7-198.
- Villegas S.T., A.R. Navarrete, O.L. Arriaga. & S. Coello. 2005. Evaluación de factibilidad de una red de áreas costeras y marinas protegidas en Ecuador. Informe de consultoría para el Banco Interamericano de Desarrollo y Ministerio del Ambiente, 3-143.
- Volpedo, A.V. & D.D. Echeverría. 2000. Catálogo y claves de otolitos para la identificación de peces del Mar Argentino, Editorial Dunken, Buenos Aires, 88pp.
- Zamora Mendoza, J.R. 2020. Dinámica de la reproducción de la corvina de roca, *Brotula clarkae* (Hubbs, 1994) (Pisces: Ophidiidae) desembarcada en el Puerto de Jaramijó, Manabí, Ecuador: período julio 2018 a enero 2019. Tesis de pregrado. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador. 12 pp.



Epibiontes en colectores artificiales: efecto de la profundidad

Vanessa Acosta de Matheus^{1,2}, César Lodeiros^{2,3}, Carlos López², Luz Marina Soto², Fernando Isea⁴

¹Universidad de Oriente. Escuela de Ciencias. Departamento de Biología. Cumaná-Venezuela. | ²Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecosistemas Acuáticos. | ³Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, | ⁴Grupo de Investigación en Sanidad Acuícola, Inocuidad y Salud Ambiental. Dpto. de Acuicultura y Pesca, Escuela de Acuicultura y Pesquería. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador
✉ vanessaacosta@yahoo.com; vaneacostab@gmail.com; vacostab@utm.edu.ve

RESUMEN

Los colectores artificiales constituyen herramientas para conocer el asentamiento de invertebrados marinos, cuyo conocimiento en el Caribe es muy limitado. Con la finalidad de identificar y cuantificar la diversidad de epibiontes en relación a la profundidad (4, 8 y 16 m), durante diciembre-2015 y agosto-2016, se colocaron colectores cilíndricos suspendidos en un long line. En cada profundidad experimental se obtuvieron registros bimestrales de temperatura, clorofila *a* y seston total. Se contabilizaron 7.078 individuos pertenecientes a 5 phylum: Chordata, Echinodermata, Arthropoda y Mollusca. El reclutamiento de los diferentes taxa, fue variable en función al tiempo y las profundidades. De los grupos analizados, los moluscos, principalmente los bivalvos, mostraron la mayor abundancia en todas las profundidades y periodo de estudio, siendo las especies más abundantes: *Pinctada imbricata*, *Pteria colymbus* y *Crassostrea rhizophorae*. Entre febrero y abril se registró la mayor riqueza y diversidad en todas las profundidades, con mayor valor a 16 m. Los colectores, independientemente de la profundidad y el tiempo, actuaron como hábitats artificiales, reflejando la variedad de organismos bentónicos que comparten de manera natural los diferentes ambientes que circundan en la costa sur del golfo de Cariaco, lo cual pudiera ser una dinámica observada en el Caribe suroriental.

Palabras clave: Abundancia, diversidad, factores ambientales, moluscos

INTRODUCCIÓN

La epibiosis es un fenómeno muy común en ambientes marinos, observándose en diversos sustratos como estructuras de cultivo, cascos de buques, plataformas petroleras, conchas marinas y diferentes ambientes sólidos que permiten la fijación de diferentes organismos (Brake y Parsons, 1998; Mol *et al.*, 2009). La cuantificación de epibiontes en un área determinada, mediante el empleo de colectores artificiales, aporta información importante sobre los organismos que forman parte del bentos y permiten proyectar los períodos de reclutamiento de los organismos (Mendo *et al.*, 2011). Los trabajos sobre fijación de epibiontes en colectores artificiales en el Caribe, se han estado orientado a conocer los cambios espaciales y temporales en la abundancia de especies de importancia comercial con enfoques de cultivo (Borrero, 1986, Márquez *et al.*, 2000, Jiménez *et al.*, 2000, Núñez *et al.*, 2006, Castellanos y Campos, 2007). Sin embargo, hasta el momento, no existen estudios sobre cambios en la estructura de la comunidad bentónica y su relación con parámetros ambientales, mediante el empleo de colectores artificiales a diferentes profundidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Golfo de Cariaco, ubicado en el Caribe sur oriental, está influenciado por un régimen de vientos alisios que generan una surgencia estacional, seguida de un periodo de relajación, caracterizado por altas temperaturas y baja productividad de las aguas costeras (Mandelli y Ferráz-Reyes, 1982). En la costa sur del Golfo, se encuentra ubicada la ensenada de Turpialito (10° 26' 56" Norte, 64° 02' 00" Oeste; Fig. 1). La costa que bordea la ensenada presenta parches de *Thalassia testudinum*, corales y una zona de manglar bien delimitada, conformada principalmente por *Rhizophora mangle*. Se colocaron como sustratos artificiales, colectores cilíndricos de 50 cm de longitud y 0,5 cm de diámetro, construidos con malla plástica de color gris, con una luz de malla de 8 mm de diámetro. Cada colector se envolvió con redes pesqueras en desuso y su interior se relleno con una malla de Polietileno de 0,50 cm de longitud de color verde. Los colectores se suspendieron con cuerdas de sisal en un long line, separados entre sí, a una distancia de 1 m de longitud a diferentes profundidades (4, 8 y 16 m), a razón de 3 réplicas por profundidad (Fig. 2).

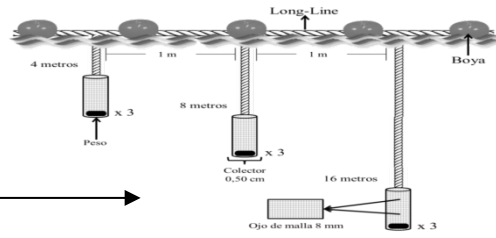
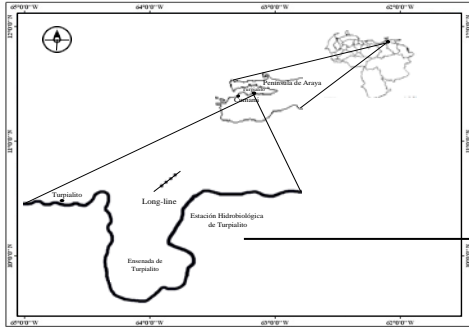


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio, donde fueron colocados los colectores artificiales en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco-Venezuela.

Figura 2. Colectores experimentales empelados para la captación de epibiontes colocados en un long-line. Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco-Venezuela.

Bimensualmente (diciembre/2015 hasta agosto/2016), en cada profundidad se recolectaron (por triplicado) muestras de agua de la zona para determinación de la biomasa fitoplanctónica y seston total, según lo establecido por Strickland y Parsons (1972). Los registros de temperatura en cada profundidad se obtuvieron con un termógrafo electrónico (SEALOG, Vemco Ltd., Canadá). Se extrajeron al azar 3 colectores por cada profundidad, los organismos reclutados fueron separados por grupos taxonómicos y fijados con formol al 10 %. Se emplearon claves según los grupos taxonómicos encontrados. Las especies fueron verificadas con el programa libre en línea WORMS para especies marinas (World Register of Marine Species). La biomasa seca de cada grupo taxonómico se obtuvo a 60 °C/48 h, hasta peso constante. En cada profundidad, se determinaron la diversidad de Shannon y Riqueza (Krebs, 1985). El análisis de los índices comunitarios se determinó utilizando el programa estadístico PAST. Para determinar si existen diferencias bimestrales en los factores ambientales analizados en cada una de las profundidades experimentales, se aplicó un ANOVA I, tomando en cuenta al tiempo (meses) como factor en relación a cada factor ambiental, en los casos donde se establecieron diferencias significativas ($P < 0,05$) se aplicó una prueba *a posteriori* de Duncan ($P < 0,05$).

RESULTADOS

Factores ambientales

Entre diciembre/2015 y febrero/2016, la temperatura mantuvo un comportamiento similar en las 3 profundidades experimentales, sin diferencias significativas ($P < 0,05$), con valores que oscilaron entre 21 y 22 °C. En los meses siguientes se registraron incrementos progresivos entre 1 y 4 °C, con valores que fluctuaron entre 23 y 24 °C. Particularmente en agosto, se observó un

aumento significativo en todas las profundidades ($F= 12,10$; $P= 0,0098$), con valores de $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los promedios bimestrales de la biomasa fitoplanctónica, mostraron un comportamiento inverso al de la temperatura, registrando valores significativamente más altos ($F= 17,10$; $P= 0,0078$), entre diciembre y febrero en todas las profundidades. En abril la biomasa fitoplanctónica registró valores superiores a $1\text{ }\mu\text{g/L}$. El seston total e inorgánico, presentaron una tendencia similar entre las diferentes profundidades ($P<0,05$). Sin embargo, el seston orgánico mostró variaciones significativas ($F= 7,10$; $p= 0,0038$), entre las profundidades, siendo mayores a 4 m entre junio y agosto de 2016 seguidos por 16 y 8 m (Tabla 1).

Tabla 1. Registros bimestrales de Temperatura, Seston orgánico y Clorofila *a* analizados a 4, 8 y 16 m de profundidad en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela. Profundidad (Prof.), Temperatura ($T\text{ }^{\circ}\text{C}$), Seston orgánico (Seston Org.) y Clorofila *a* (Cl *a*). El símbolo (*) indica diferencias significativas ($P<0,05$).

Meses	Prof.	T $^{\circ}\text{C}$	Seston Org. (mg/L)	Cl <i>a</i> ($\mu\text{g/L}$)	P Valor
Diciembre (2015)	4 m	$21,70 \pm 0,6$	$8,70 \pm 0,8$	$2,10 \pm 0,34$	0,001(*)
	8 m	$21,40 \pm 0,5$	$8,80 \pm 1,0$	$2,16 \pm 0,43$	0,001(*)
	16 m	$21,00 \pm 0,4$	$7,50 \pm 0,9$	$2,58 \pm 0,32$	0,000(*)
Febrero (2016)	4 m	$22,20 \pm 0,2$	$7,60 \pm 0,5$	$2,26 \pm 1,42$	0,003(*)
	8 m	$22,50 \pm 0,5$	$8,00 \pm 0,6$	$2,03 \pm 1,54$	0,001(*)
	16 m	$22,00 \pm 0,4$	$8,90 \pm 0,5$	$2,01 \pm 2,10$	0,001(*)
Abril	4 m	$23,25 \pm 0,35$	$5,50 \pm 0,4$	$1,86 \pm 0,12$	0,001(*)
	8 m	$23,30 \pm 0,23$	$4,50 \pm 0,5$	$1,766 \pm 0,10$	0,000(*)
	16 m	$23,25 \pm 0,28$	$5,30 \pm 0,5$	$1,64 \pm 0,09$	0,002(*)
Junio	4 m	$25,30 \pm 0,55$	$3,00 \pm 0,8$	$0,79 \pm 0,87$	0,001(*)
	8 m	$24,80 \pm 0,31$	$3,00 \pm 0,9$	$0,61 \pm 0,78$	0,001(*)
	16 m	$24,16 \pm 0,49$	$3,50 \pm 0,8$	$0,62 \pm 0,34$	0,001(*)
Agosto	4 m	$28,22 \pm 0,44$	$4,20 \pm 0,71$	$0,29 \pm 0,54$	0,000(*)
	8 m	$28,10 \pm 0,24$	$4,20 \pm 0,81$	$0,09 \pm 1,09$	0,002(*)
	16 m	$27,34 \pm 0,33$	$4,90 \pm 0,74$	$0,10 \pm 0,87$	0,003(*)

Se contabilizaron en total 7.078 organismos, pertenecientes a 5 phylum: moluscos cordados, artrópodos, anélidos y equinodermos, representados por 30 familias y 53 especies. Los moluscos conformaron el taxón dominante con 16 familias y 33 especies, representando el 88% de las especies, siendo las más abundantes: *Pinctada imbricata* (41,4%), *Musculus lateralis* (13,8%), *C. rhizophorae* (7,8%), *Pteria colymbus* (6%) y el resto con $< 5\%$ conformados por: *S. americanus*, *Atrina seminuda*, *Leptopecten bavayi*, *Pinna carnea*, *Ostrea stentina*, *Argopecten*

nucleus y *Chlamys muscosus*. Los cordados y artrópodos, ambos con 5 familias y 7 especies, estuvieron dominados por las especies: *Microcosmus exasperatus* (3,2%) y *Ascidia molguloides* (1,9%) en el caso de los cordados. Los artrópodos, representados solo por *Heteractea ceratopus* y *Menippe nodifrons*, representando < 1% de las especies. Los anélidos estuvieron representados con 4 familias y 6 especies, siendo *Nereis riisei* y *Nereididae* sp., las más abundantes. Los equinodermos, fue el grupo menos representativo, con la presencia de *Echinometra lucunter*.

Abundancia por familia y taxa

Las familias que presentaron los mayores porcentajes en las diferentes profundidades experimentales fueron: Pteriidae (90,4%), Mytilidae (66,4%), Ascidiidae (40,7%) Pinnidae (24,7%), Pectinidae (13,6%) y Ostreidae (13,6%). El resto de las familias mostraron porcentajes menores a un 10%, siendo las más representativas Pyuridae (9,2%) Pomacentridae (8,8%), Arcidae (7,4%), Xanthidae (4,4%), Menippidae (4,4%), Anomiidae (4,4%), Nereididae (4,3%), Galatheidae (4,3%), Terebridae (3,6%), Spondylidae (3,4%), Clavelinidae (3,4%), Hesionidae (2,6%), Certhiidae (2,6%), otras familias como Portunidae (0,9%), Veneridae (0,6%), Terebellidae (0,2%) con porcentajes menor al 1%. El reclutamiento de los diferentes taxa, fue variable en función al tiempo y las profundidades. De los grupos analizados, los moluscos, principalmente los bivalvos, mostraron la mayor abundancia en todas las profundidades y periodo de estudio. A 4 m se registraron las mayores fijaciones (febrero, abril y junio/2016). A 8 m, se evidenció un reclutamiento continuo en todos los meses y profundidades. A 16 m, se obtuvo la máxima fijación (diciembre/2015 y agosto/2016). Los cordados presentaron el mayor reclutamiento en junio/2016, en todas las profundidades experimentales. Los restantes taxa, registraron bajas abundancias, exceptuando los crustáceos, cuyo número de organismos aumentó en febrero/2016 y junio/2016 a 4 y 8 m de profundidad (Figura 3).

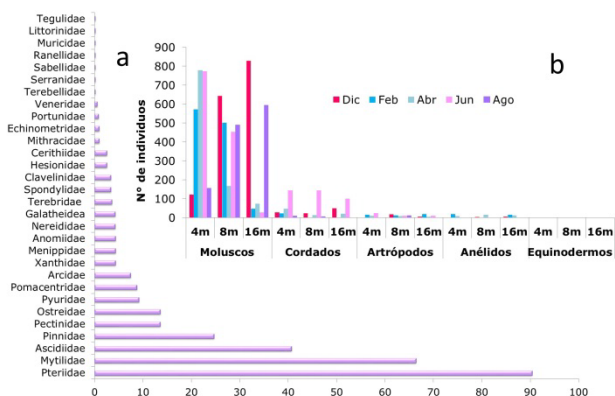
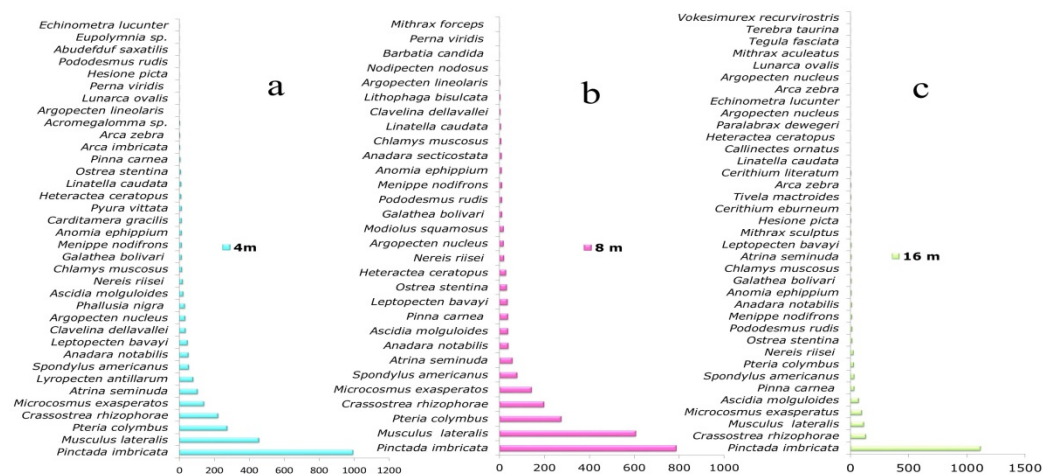


Figura 3. (a) Porcentaje (%) de contribución de familias de organismos. **(b)** Numero de organismos por grupos taxonómicos, asociados a colectores artificiales, a diferentes profundidades experimentales (4, 8 y 16 m). Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco-Venezuela.

Abundancia

Las especies que mostraron mayores abundancias en los colectores a 4 m fueron: *P. imbricata* (1000), *M. lateralis* (450), *P. colymbus* (260) y *C. rhizophorae* (230), el resto de las especies mostraron abundancias menores a 100 ejemplares por colector. A 8 m se reportó la misma distribución de especies, pero con abundancias menores: *P. imbricata* (800), *M. lateralis* (600), *P. colymbus* (250) y *C. rhizophorae* (200). A 16 m, *P. imbricata* mostró la mayor abundancia superando los 1000 ejemplares por colector, mientras que el resto de las especies presentaron abundancias que no superan los 150 organismos por colector. Observándose en esta profundidad la presencia de otras especies no encontradas a 4 y 8 m, como gasterópodos (Fig. 4 a, b, c).



Figuro 4. Abundancia de especies en colectores artificiales colocados a 4 m (a), 8 m (b) y 16 m (c) de profundidad, en la ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco, Venezuela.

Biomasa de los diferentes grupos taxonómicos

Los moluscos contribuyeron con el 93 % de la biomasa seca, seguidos por los cordados con el 3 %, mientras que los crustáceos y poliquetos representaron el 2 %. Las especies que aportaron mayor biomasa dentro de los moluscos fueron: *P. imbricata* (714,05 g), *C. rhizophorae* (461,67 g), *P. colymbus* (238,01 g) y *M. lateralis* (124,0 g). Por otra parte, *M. exasperatus* (28,3 g) y *A. molguloides* (12,67 g), *H. ceratopus* (20,81 g) y *N. riisei* (2,40 g), fueron las especies que aportaron mayor biomasa dentro de las ascidias, crustáceos y poliquetos, respectivamente (Fig. 5).

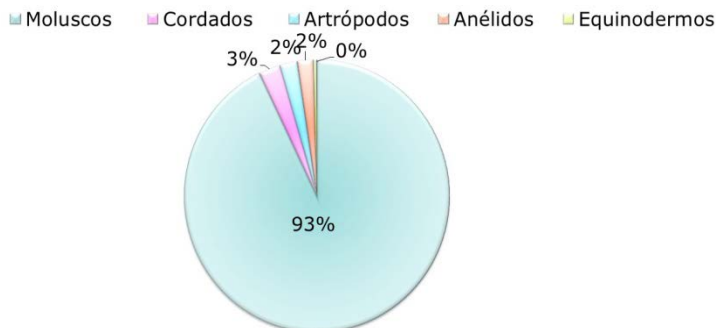


Figura 5. Porcentaje (%) de biomasa total de los principales grupos de organismos asociados a colectores artificiales, a diferentes profundidades experimental en la Ensenada de Turpialito, Golfo de Cariaco-Venezuela.

DISCUSIÓN

La ensenada de Turpialito representa un sistema altamente productivo, influenciada por la surgencia estacional que ocurre en el golfo de Cariaco, que trae como consecuencia una alta productividad orgánica (Mandelli y Ferráz-Reyes, 1982; Moigis, 1986); además está rodeada por diferentes ecosistemas (manglares, parches de corales y *Thlassia testudinum*), que proporcionan una gran variedad de nichos ecológicos, que favorecen la existencia de diversas especies, principalmente de moluscos (Prieto y Acosta, 2017). En este estudio, se contabilizaron un total de 7.078 organismos, ubicándose los moluscos como el grupo con mayor abundancia y biomasa en todas las profundidades experimentales y meses de estudio, representados por las especies *P. imbricata*, *M. lateralis*, *P. colymbus* y *C. rizhophorae*.

Pinctada imbricata, fue la especie que mostró la mayor abundancia, en las tres profundidades experimentales, oscilando entre 800 y 1000 ejemplares por colector; superando a las señaladas por Jiménez et al. (2000) y Núñez et al. (2006) en la misma zona de estudio. El mayor reclutamiento de *P. imbricata*, a 16 m, sugiere que esta sería la profundidad máxima de fijación en la ensenada de Turpialito, ya que, a 21 m, Jiménez et al. (2000) reportaron baja presencia de esta especie en colectores artificiales.

La diversidad y riqueza mostraron diferencias entre meses y profundidades, asociadas con los patrones de fijación de los organismos, los cuales estuvieron dominados principalmente por moluscos. A 16 m, se registró la mayor diversidad, debido a la presencia de otras especies representadas principalmente por los gasterópodos *Murex recurvirostris*, *Terebra taurina*, *Cymatium literatum*, *Cymatium eburneum* y *Tegula fasciata*, *Linatella caudata*, *Littorina angulifera*, lo cual sugiere que el reclutamiento de estos organismos se produce entre febrero y

abril, donde se obtuvieron las mayores abundancias. No obstante, la mayor diversidad se registró durante la surgencia costera, periodo en el cual la mayoría de las especies de moluscos se reproducen (Freites *et al.*, 2014), obteniéndose en el mes de febrero las mayores fijaciones, correlativo a la mayor riqueza específica en las 3 profundidades experimentales. La dinámica reproductiva de las especies fijadas de manera permanente en los colectores artificiales, sugieren reproducción continua a través del año, favoreciendo el aporte permanente de larvas al medio lo cual es característico de zonas tropicales. Los colectores al actuar como hábitats artificiales reflejaron la diversidad de organismos bentónicos que comparten de manera natural su hábitat en los diferentes ecosistemas (manglares, parches de *T. testudinum*, corales, ambientes rocosos) que circundan la Ensenada de Turpialito, lo que demuestra que es un ambiente estable, donde existe una interconexión de especies entre los ecosistemas que lo rodean. El reclutamiento de epibiontes, estuvo regulado por la dinámica del suministro larvario y la disponibilidad de alimento, factores que fueron determinantes en la fijación de los organismos en las profundidades experimentales.

REFERENCIAS

- Acosta V., Freites L. Lodeiros C. (2000). Densidad, crecimiento y supervivencia de juveniles de *Lyropecten (Nodipecten) nodosus* (Pteroida: Pectinidae) en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco, Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 48(4):799-806.
- Acosta V. Lodeiros C., Prieto A., Glem M., Natera Y. (2009). Efecto de la profundidad sobre el crecimiento de los mejillones *Perna perna* y *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) en cultivo suspendido en el Golfo de Cariaco. Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 27(3):315-328.
- Acosta V., Glem M., Urbano T., Natera Y., Himmelman J., Rey M., Lodeiros C. (2009). Differential growth of the mussels *Perna perna* and *Perna viridis* (Bivalvia: Mytilidae) in suspended culture in the Golfo de Cariaco. Venezuela. *Journal World Aquaculture Society*, 2 (40):227-236.
- Brake J., Parsons G. (1998). Flow rate reduction in scallop grow-out trays. *Bulletin of the Aquaculture Association of Canada*, 98(2):62-64.
- Borrero F. (1986). The collection of early juveniles of *Anadara* spp. as a potential source for culturing mangrove cockles in the pacific coast of Colombia. *Aquaculture*, 59:61-66.
- Davant P. (1963). Clave para la identificación de los camarones marinos y de río. Cuadernos oceanográficos, 1: 1.113.
- Díaz-Díaz O. Liñeros I. (2001). Poliquetos asociados a sustratos artificiales sumergidos en la

costa nororiental de Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 41:25-37.

Díaz-Díaz O., Liñeros I. (2011). Poliquetos asociados a arrecifes de *Phragmatopoma caudata* Kroyer in Morch. 1863. (Polychaeta: Sabelliidae) en la costa nororiental de Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 55(1):78-85.

Prieto A., Acosta V. (2018). *Los Moluscos del Golfo de Cariaco*. Colección E-Book. Repositorio Universidad de Oriente. <http://ri2.bib.udo.edu.ve:8080/jspui/handle/123456789/4747>

Gómez M., Hernández A. (2011). Equinodermos de la Bahía de Tunantal. Estado Sucre. Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 50(2):209–231.

Hendler G., Milleer J., Pawson D., Kier P. (1995). *Sea strars, sea urchins and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean*. Smithsonian Institution. Washington.

Humfrey M. 1975. *Sea Shells of the west indies. A guide to the marine molluscs of the Caribbean*. Smithsonian Institution. Collins. London.

Jiménez M., Lodeiros C., Márquez B. (2000). Captación de juveniles de la Madre perla *Pinctada imbricata* (Roding. 1798) con colectores artificiales en el Golfo de Cariaco. Venezuela. *Caribbean Journal of Science*, 36:221-226.

Krebs C. (1989). *Ecological methodology*. Harper and Row Publishers. New York. USA.

Lindner G. 1977. *Moluscos y caracoles de los mares del mundo*. Ediciones Omega. S.A. Barcelona.

Lodeiros C., Marín B., Prieto A. (1999). *Catálogo de moluscos marinos de las costas Nororientales de Venezuela: Clase Bivalvia*. Ed. Apudons. Caracas. 19 p.

Macsoy O. Campos R. (2001). *Moluscos representativos de la plataforma de Margarita-Venezuela*. Editorial Rivalta. Valencia.

Mandelli E., Ferráz-Reyes E. (1982). Primary production and phytoplankton dynamics in tropical inlet. Gulf of Cariaco. Venezuela. *Int. Hydrogr. Rev.* 67:85-95.

Márquez B., Lodeiros C., Jiménez M., Himmelman J. (2000). Disponibilidad de juveniles por captación natural de la ostra alada *Pteria colymbus* (Bivalvia: Pteriidae) en el Golfo de Cariaco. Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 48:151-158.

- Mendo, J., Ysla, L., Orrego A., Miglio T., Gil K., Del solar A. (2011). Manual técnico para el reemplazamiento de concha de abanico en la bahía Sechura. Proyecto FINCYT. 100 pp.
- Mol V., Raveendran T., Parameswaran P. (2009). Antifouling activity exhibited by secondary metabolites of the marine sponge, *Haliclona exigua* (Kirkpatrick). *International Biodeterioration y Biodegradation*, 63:67-72.
- Montes A. (1985). Aspectos bioecológicos de las poblaciones de ascidias solitarias en la Bahía de Mochima y costa sur del Golfo de Cariaco, Trabajo de pregrado, Departamento de Biología, Universidad de Oriente, Sucre.
- Morris P. (1960). *A field guide to the shells*, Houghton Mifflin Company Boston. Massachusetts.
- Núñez P., Lodeiros C., Acosta V., Castillo I. (2006). Captación de semilla de moluscos bivalvos en diferentes sustratos artificiales en la Ensenada de Turpialito. Golfo de Cariaco. Venezuela. *Zootecnia Tropical*, 24:483-496.
- Okuda T., Benítez-Álvarez J., Bonilla J., Cedeño G. (1978). Características hidrográficas del Golfo de Cariaco. Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 17:69-88.
- Pointier J., Lamy D. (1998). *Guía de moluscos y caracolas de mar del Caribe*. Grupo Editorial M and G Difusión. Barcelona.
- Prieto A., Acosta V. (2018). Los Moluscos del Golfo de Cariaco. Colección E-Book. Repositorio Universidad de Oriente. <http://ri2.bib.udo.edu.ve:8080/jspui/handle/123456789/4747>
- Rodríguez G. (1980). *Crustáceos Decápodos de Venezuela*. Centro de Ecología. IVIC. Caracas.
- Strickland J., Parsons T. (1972). A practical handbook of seawater analysis. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, No. 167. 310 pp.
- Warmke G., Abbott T. (1961). *Caribbean Seashells. A guide to the marine mollusks of Puerto Rico and other west Indian Islands. Bermuda and the Lower Florida Keys*. Dover Publications. INC. New York
- Warmke G., Abbott R. (1962). *Caribbean Seashells*. Livingston Pub.Co. Narberth. USA. 384 p.

Impacto del uso recreativo sobre la fauna macrobentónica en playas arenosas en la ciudad de Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador

A. García-Bermúdez¹, L. Treviño¹, Jorge Vélez- Falcones¹, Patricio Panta-Vélez¹ y Z. Quinteros-Carlos²

¹Grupo de Investigación, en Biología y Cultivo de Moluscos; Escuela de Acuicultura y Pesquería, Facultad de Ciencias Veterinaria. | ²Laboratorio de Ecología de Procesos, Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú.

✉ alangarcia811@hotmail.com

RESUMEN

El intermareal es un vínculo crítico entre los sistemas terrestres y marinos. La comunidad macrobentónica intermareal contiene diversos organismos consumidores de nutrientes y que a su vez son presas de organismos superiores como aves y peces de la región costera. Como las actividades humanas muchas veces crean y constituyen perturbaciones en los ecosistemas naturales, evaluar los impactos que éstas producen es de suma importancia para un manejo apropiado de las zonas costeras. Pero aún no se ahonda mucho en los temas de aspectos recreacionales y turísticos. El presente trabajo estudia la comunidad macrobentónica de tres playas arenosas de la ciudad de Bahía de Caráquez y compara los principales atributos de esta comunidad con respecto a los niveles de usos. Se evaluó la comunidad macrobentónica de las tres playas arenosas de Bahía de Caráquez durante los meses de mayo a julio del 2015. Se tomaron muestras biológicas mediante cribas metálicas. En el laboratorio los organismos fueron identificados por grupos taxonómicos y a su vez, se obtuvieron datos físicos. Se determinó que las playas de mayor uso son las Playas Paseo Roberto y El Faro, y éstas presentan mayor equidad que la playa Punta Bellaca, la cual presenta mayor abundancia de especies, evidenciando que el aumento del uso de las playas desde el punto de vista recreacional supone una fuerte presión física para la fauna macro bentónica, y por ello la disminución de especies.

Palabras clave: Impacto, uso recreativo, Fauna macrobentónica, playas arenosas, Bahía de Caráquez.

INTRODUCCIÓN

Las playas arenosas cubren las tres cuartas partes del sistema intermareal en el mundo (Short, 1999) y han estado sujetas a un gran desarrollo y a diferentes actividades que por lo general se han ido dando sin demasiada planificación. Existe, a nivel mundial, un aumento de las actividades que se realizan en la costa, debido a la tendencia del crecimiento de ciudades en la zona litoral y por el auge del turismo.

Los ecosistemas de playas arenosas reciben cada vez más una variedad de impactos antropogénicos como son la contaminación, forestación inapropiada, extracción de arena, explotación de especies costeras, infraestructura y turismo intensivo. Uno de los problemas que se enfrenta a la hora de planificar un manejo o desarrollo es evaluar cuáles son los impactos (positivos o negativos) que produce cada actividad antropogénica y estimar cuál es la capacidad del medio para recuperarse luego de un disturbio (resiliencia). A su vez, es importante también poder evaluar las propias medidas del manejo para saber en qué magnitud se cumplen los objetivos deseados. Es esencial un entendimiento de las respuestas del ecosistema a las diferentes perturbaciones para un manejo apropiado del sistema (Lercari *et al.*, 2002). Por lo tanto, son necesarios programas específicos de muestreo en la costa para monitorear los disturbios causados por las actividades humanas en las comunidades bentónicas de sustrato blando cercanas a la costa (English *et al.*, 1997).

Dentro del aumento de la población mundial actual, se observa un incremento en la tendencia a vivir en zonas costeras (Miller & Ditton, 1986) y la ciudad de Bahía de Caráquez no se escapa a esta realidad. El turismo en el mundo se ha convertido en una industria de billones de dólares en las últimas décadas y su influencia ha transformado las sociedades costeras y su medio ambiente; esta actividad también juega un papel importante en la economía de la región y se prevé que aumente en el correr de los próximos años. Las actividades recreativas de las costas están aumentando enormemente y están claramente dirigidas a costas arenosas, incluyendo playas arenosas (Brown & McLachlan, 1990).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio estuvo dirigido en tres playas pertenecientes a la ciudad de Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador (Tabla 1) y sus datos geográficos de la siguiente manera; al norte, el Océano Pacífico, el estuario del río Chone, Cantón San Vicente; al sur los cantones Portoviejo y Rocafuerte; y, al oeste el Océano Pacífico con una extensión territorial de 764 km².

Tabla 1. Localización geográfica de las diferentes playas de Bahía de Caráquez

Playas de Bahía Caráquez	Latitud (S)	Longitud (W)
El Paseo de Roberto	0°35'52,0"	80°25'18,4"
El Faro	0°35'42,3"	80°25'26,5"
Punta Bellaca	0°37'11,7"	80°27'17,6"

Metodología

Se realizaron muestreos quincenales durante los meses de mayo, junio y julio de 2015 en temporada de mediana de influencia turística.

Campo

El perfil de la playa se midió en la “cara de la playa”, es decir, en la zona intermareal que está expuesta al aire en ese momento (de la primera berma a la línea de agua), esto se realizó entre dos personas con la ayuda de un nivel y una cinta métrica.

La pendiente se expresa como una razón, es decir como una proporción entre la altura de la playa sobre la distancia en lo horizontal. Se tomó una muestra de arena dentro del transecto en la cara de la playa, de aproximadamente 200 g para analizar el tipo de sedimento.

Así mismo se tomaron datos biológicos que consistió en la colecta de organismos, esto fundamentado en el hecho de que las especies bentónicas muestran una zonación perpendicular a la costa relacionada con el nivel de marea (Peterson, 1998).

En cada playa se efectuaron 2 transeptos perpendiculares a la línea de costa separados entre sí 50 m, abarcando desde la línea de marea alta hasta el límite superior de la zona submareal. Las unidades de muestreo en cada transecto fueron tomadas en 3 secciones (niveles) cada una; una en la zona superior swash (línea de marea) (estación A); 2 en la zona húmeda o zona de swash (estaciones B - C); y una en la zona sumergida (cerca del límite con el submareal) (estación D). En cada estación se tomaron 3 cribados de sedimentos separados a una distancia aproximada de 1 metro alineados con la línea de costa.

El muestreo consistió en la recolección de muestras de sedimento utilizando una criba metálica de 0,36 m de largo y 0,28 m de ancho con un área de 0,10 m², el cual fue introducido a 20 cm del sustrato. De esta manera, en cada playa se tomaron 18 cribados cubriendo un área total de 1,8 m² por sitio.

Las muestras de arena fueron lavadas en el mismo lugar con agua de mar y filtrada a través de un tamiz con malla de 0,5 mm. Los organismos retenidos fueron fijados en formol al 10% para su preservación y colocadas en un cooler para su posterior traslado hacia el laboratorio para su recuento e identificación de especies.

RESULTADOS

Abundancia

Se encontraron 1287 organismos pertenecientes a 7 taxas diferentes para las tres playas estudiadas durante el tiempo de estudio. Los poliquetos fueron la clase dominante (701 individuos) seguidos por crustáceos (257) y bivalvos (149); en cambio la fauna acompañante: peces (3) y estrellas de mar (15) fueron los menos encontrados (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia de organismos presentes en las diferentes playas de Bahía de Caráquez

Organismo	Playas de Bahía de Caráquez			Total
	El Paseo de Roberto	El Faro	Punta Bellaca	
Crustáceos	74	85	98	257
Poliquetos	223	211	267	701
Estrellas de Mar	1	9	5	15
Gasterópodos	48	33	25	106
Bivalvos	35	54	60	149
Gusanos (Vermes)	32	16	8	56
Fauna Acompañante (Peces)	2	1	-	3
Total	415	409	463	1287

En cuanto a la abundancia (figura 1), en la playa Punta Bellaca se obtuvieron la mayor cantidad de organismos macrobentónicos (463) seguido de El Paseo de Roberto (415) y en menor cantidad El Faro (409).

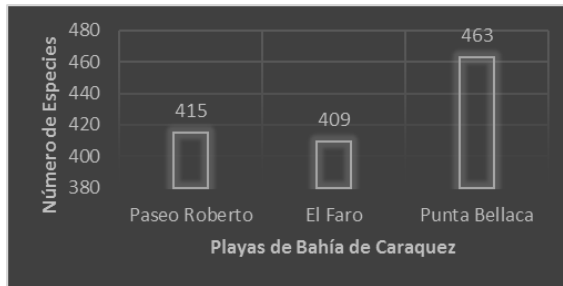


Figura 1. Número de organismos encontrados por playa

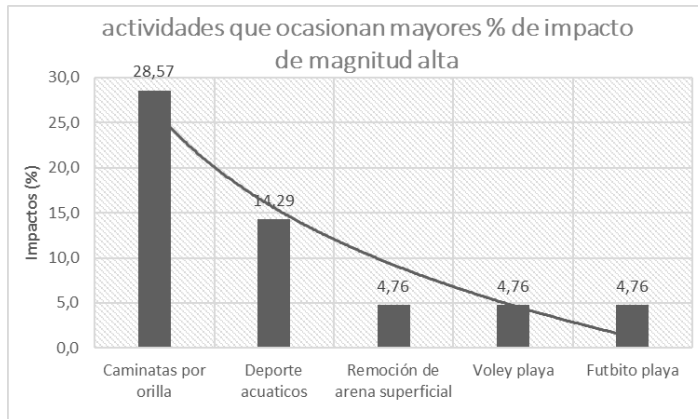


Figura 2. Jerarquización de impactos de mayor magnitud

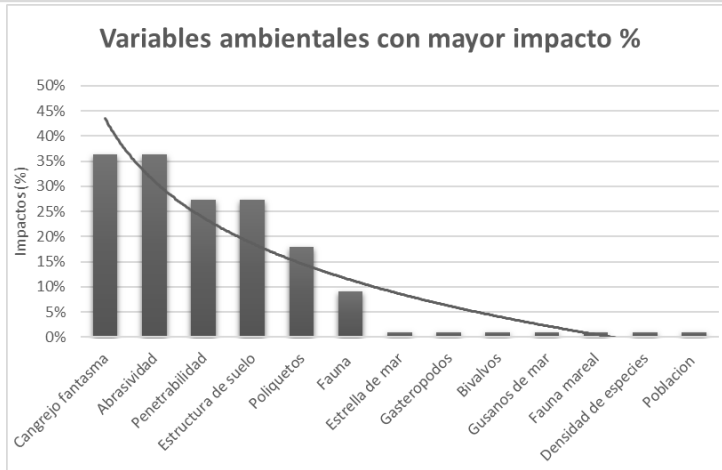


Figura 3. Variables ambientales que tienen mayor impacto por actividades recreativas

DISCUSIÓN

Este estudio presenta una limitación evidente, como es la falta de replicación temporal, de forma que las fluctuaciones estacionales en los parámetros de las comunidades de invertebrados no quedan mostradas. A pesar de este inconveniente, la amplia escala espacial en la que se ha llevado a cabo hace posible considerar este estudio como una fuente de información fiable.

Se ha producido un incremento de las actividades antrópicas asociadas al desarrollo turístico, industrial y urbano. Dicho incremento está ocasionando perturbaciones evidentes en la zona costera (*e.g.*, remoción de dunas, uso de vehículos en la playa, vertido de efluentes residuales), que aún no han sido estudiados. Si bien el impacto antrópico sobre esta zona se puede medir en forma puntual mediante indicadores simples obtenidos de la columna de agua, los sedimentos o los organismos bentónicos (*e.g.*, materia orgánica, oxígeno disuelto, nutrientes, abundancia total de organismos riqueza o diversidad específica), está ampliamente demostrado que tales indicadores analizados individualmente, no siempre son suficientes o confiables para detectar un cambio causado por la contaminación (DeIvalls *et al.*, 1998).

La riqueza 1287 organismos pertenecieron a 7 taxas diferentes para las tres playas estudiadas durante el tiempo de estudio. Los poliquetos fueron la clase dominante (701 individuos) seguidos por crustáceos (257) y bivalvos (149); en cambio la fauna acompañante: peces (3) y estrellas de mar (15) fueron los menos encontrados. En comparación con trabajos en Chile (Rueda *et al.*, 1996), donde se contabilizó un total de 1299 animales, correspondientes a 31 taxones. Así como registros de Palacios (2004), en donde se hallaron 19 taxas y 1580 organismos en la región de bahía Ancud (Chile).

Trabajos en el norte del Golfo de California en México registran 1954 individuos colectados en 26 taxas (Ávila *et al.*, 2006). En Colombia se han realizado estudios en el Pacífico donde por

estación se obtuvieron 309 individuos pertenecientes a 80 taxas distribuidos principalmente en 7 grupos taxonómicos (Poliquetos, Amphipodos, Crustáceos, Gasterópodos, Bivalvos, Insectos y Sipúnculos) (Rincón *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Las playas o ecosistemas arenosos requieren de prácticas de manejo específicas para evitar su degradación mientras estas continúen utilizándose por sus servicios recreacionales. Existe el aspecto o necesidad urgente de entender los ecosistemas y hábitats costeros desde puntos de vista biológicos, para así diseñar planes de manejo asociados a este recurso, este estudio prevé investigar los efectos de las actividades de recreación.

Las playas estudiadas dentro de la ciudad de Bahía de Caráquez son de orden disipativo al tipo de sedimento que las constituye con arenas finas o medias.

La riqueza y diversidad total encontrada total en el área de estudio fueron de términos altos mostrando que tienen condiciones favorables para esta fauna que aún está poco perturbada.

En cuanto a la abundancia, en la playa Punta Bellaca se obtuvieron la mayor cantidad de organismos macrobentónicos (463) seguido de El Paseo de Roberto (415) y en menor cantidad El Faro (409).

Se observaron las principales actividades recreacionales que impactan ambientalmente en las playas arenosas cercanas a Bahía de Caráquez.

Se encontró variación similar entre las muestras biológicas de la fauna macrobentónicas en la zona intermareal en los meses de mayo a julio debió a la baja actividad antrópica de dichos meses para las tres playas arenosas.

Las playas Paseo Roberto y El Faro presentan una diversidad mayor que Punta Bellaca, se tiene como resultado una distancia de los poliquetos, resultando está menos equitativa. La equitatividad de El Faro es debida a la diversificación de especies mas no a su abundancia.

AGRADECIMIENTOS

A las instituciones universitarias, al grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos y la Ingeniera Julissa Ávila por sus aportes a esta investigación.

REFERENCIAS

- Abel P. 1989. Water Pollution biology. Ellis Horwood, England. 466 pp.
- Alba-Tercedor. 2004. Universidad de Málaga, facultad de Ciencias, Tesis Doctoral Calidad Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Rio Chillan.

- Audoin, J. and Milne, E. 1832. Classification and description of these annelids that inhabit the coast of France. *Annals of Natural Sciences, Paris*, Ser. ser.1, 27:337-347.
- Barnes, R. 1995. Zoología de los invertebrados, sexta edición, Págs. 215-217.
- Barbour, M. 1997. The re-invention of biological assessment in the U.S. *Human and Ecological Risk Assessment*, 3(6): 933-940.
- Bastida, J. 1991. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) del sureste de la Bahía de La Paz, B.C.S., México: Taxonomía y Aspectos Biogeográficos. Tesis de grado, Universidad Autónoma de Baja California Sur; México, 158 pp.
- Beeby, A. 1992. Applying ecology. Chapman & Hall, London. 441 pp.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar de Plata, Argentina. 936 pp.
- Brown, A. & McLachlan, A. 1990. Ecology of Sandy Shores. Elsevier Science Publishers B. V., 328pp.
- Caicedo y Palacios. 2004. Universidad de Málaga, facultad de Ciencias, Tesis Doctoral Calidad Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Rio Chillan,
- Carter, R. 1982. Recreation pressure and environmental change in a small beach/dune complex at Tyrella, Co. Down. *Irish Journal of Environmental Science*, 1(2): 62-70.
- Carter, R. 1988. Coastal Environments: Academic Press Ltd, 617 pp.
- Cao, Y., Bark, A. & Williams, P. 1997. Analysing benthic macroinvertebrate community changes along a pollution gradient: a framework for the development of biotic indices. *Water Research*, 31(4):884-892.
- Defeo, O., Gómez, J. & Lercari, D. 2001. Testing the swash exclusion hypothesis in Sandy beach populations. *Marine Ecology Progress Series*, 212:159-170.
- De La Lanza. 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación, Págs., 37-42.
- DelValls, T.A., M. Conradi, E. García-Adiego, J.M. Forja & A. Gómez-Parra. 1998. Analysis of macrobenthic community structure in relation to different environmental sources of contamination in two littoral ecosystems from the Gulf of Cadiz (SW Spain). *Hydrobiologia*, 385:59-70.
- Elliot, T. 1978. Sedimentary Environments and Facies. Elsevier, New York.

- Engle, V. & Summers, J. 1999. Refinement, validation, and application of a benthic condition index for the northern Gulf of Mexico estuaries. *Estuaries*, 3A:624-635.
- English, S., Wilkinson, C. & Baker, V. 1997. Survey Manual for Tropical Marine Resources. 2 ed. Australian Institute of Marine Science, 390 pp.
- FAO. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca Pacífico Centro Oriental. Volumen 1, Roma.
- Gaufin, A. 1973. Use of aquatic invertebrates in the assessment of water quality. In Biological methods for the assessment of water quality, eds. J. Cairns, Jr. & K.L. Dikson. *ASTM special publication* 528:96-116.
- Galdean, N., Callisto, M. & Barbosa, F. 2000. Lotic ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 3:545-552.
- Guetti, P. 1980. Biological indicators of the quality of running waters. *Bolletín Zoologique*, 47:381-390.
- Rincón, L., C. Bolívar, G. Neira, R. Peña y J. Enrique 2008. Utilización de la macrofauna bentónica como indicador de calidad ambiental en la desembocadura del río anchicaya, Pacífico colombiano. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente* 7:94-101 pp.

Distribución espacio-temporal de macroinvertebrados en zonas de manglar del estuario del río Chone, Manabí, Ecuador

R. Vera-Mera¹, Z. Quinteros-Carlos¹, V. Acosta-Balbás², J. Tam-Malaga³ y J. Vélez-Falcones^{1,4}

¹Laboratorio de Ecología de Procesos, Departamento Académico de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, Lima 12, Perú. | ²Grupo de Investigación en Biodiversidad y Ecología de Ecosistemas Acuáticos. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador. | ³Laboratorio de Modelado Oceanográfico, Eco sistémico y del Cambio Climático (LMOECC), Instituto del Mar del Perú, Callao, Perú. | ⁴Grupo de Investigación en Biología y Cultivo de Moluscos, Dpto. de Acuicultura y Pesca, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador.

✉ jvelezf@hotmail.com

RESUMEN

Se analizó la distribución y variación espacio-temporal de macroinvertebrados en diferentes zonas del estuario del río Chone, las cuales fueron divididas en la zona 1 (estuario bajo), zona 2 (estuario medio) y zona 3 (estuario alto-limnética). En cada zona y periodo ambiental (sequía-lluvia) se determinó la estructura comunitaria asociada al manglar, así como registros de factores ambientales (temperatura, salinidad pH y oxígeno disuelto) y materia orgánica de los sedimentos. Se registraron un total de 3.176 individuos, pertenecientes a 4 phylla, 8 clases y 38 familias, con una tendencia a aumentar la riqueza desde la zona más limnética (25) hacia la zona marina (38), siendo las tres familias más abundantes: Nereididae, Veneridae y Columbellidae. La abundancia y riqueza, mostraron cambios en las zonas según los periodos ambientales. La estructura comunitaria en la zona 1, fue independiente del periodo ambiental, asociada posiblemente a la dinámica de cambios de marea que se produce dentro del estuario. Existe una diferencia espacio temporal en los parámetros ambientales, entre los cuales la salinidad, podría considerarse como el patrón modelador de la estructura macrobentónica en zonas de manglar en la cuenca baja del estuario del río Chone.

Palabras claves: Diversidad, época ambiental, abundancia, cambios de marea, anélidos y bivalvos.

INTRODUCCIÓN

Los estuarios son enlaces importantes y zonas de transición que conectan las cuencas de los ríos con los océanos, siendo los patrones de mezcla de agua muy complejos en estos entornos ecológicamente frágiles (Little *et al.* 2016). Estas condiciones hidrológicas influyen en la funcionalidad ecológica del mismo a través de su efecto sobre las propiedades físico-químicas del agua (oxígeno disuelto cerca del fondo, turbidez, salinidad) y, por tanto, sobre la capacidad de supervivencia de las comunidades bentónicas asociadas a estos ambientes (Attrill, 2002), determinando la distribución y abundancia de organismos en el espacio y el tiempo (Keitt *et al.* 2002, Begon *et al.* 2006). Los manglares son ecosistemas únicos que constituyen un importante almacén de carbono orgánico y pueden proveer de refugio, reproducción y alimentación a una diversidad de especies de plantas y animales (Murugesan 2018). Sin embargo, están expuestos a perturbaciones antrópicas más aceleradas, como la construcción de estanques de acuicultura, la tala de madera y el vertido de basura (Saenger *et al.* 1983). Desde una perspectiva de gestión ambiental, estas actividades pueden provocar una pérdida de biodiversidad asociada a estos ambientes (Gesamp, 1991; Marshall, 1994). El macrobentos es un componente importante del ecosistema de manglar; por la función que cumple: facilita el ciclo de materia y el flujo de energía en el ecosistema de manglar (Sheridan, 1997). Por lo antes señalado, los estudios de las comunidades bentónicas son esenciales para el manejo de los recursos, además son considerados bioindicadores de condiciones ambientales y de hábitat específicos, ya que reflejan los cambios causados por procesos naturales o antropogénicos (Raut *et al.* 2005). El conocimiento sobre macrobentos en el estuario del río Chone, es escaso, por lo que este estudio ayudará a proporcionar información de línea base sobre la distribución espacio-temporal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de zonas de manglar y de su relación a la dinámica del estuario.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estuario del río Chone está ubicado en la región media de la Provincia de Manabí, se considera un brazo marino que penetra en el continente, tiene una longitud de 25 Km, mantiene un ancho promedio de 3 Km.; cuya profundidad es variable llegando a un máximo de 11 metros (Coello y Macías, 2006), siendo alimentado por el agua dulce de los ríos Carrizal y Chone, sujeto a aportes periódicos de agua del mar por influencia de la marea y el aporte de agua dulce del Simbocal. El área de estudio está incluida dentro de los límites de la Refugio de Vida Silvestre Isla Corazón y Fragata (REVISICOF), un área protegida de uso sostenible administrada por el gobierno estatal. En la región, la temporada de lluvia inicia desde el mes de noviembre hasta mes de mayo donde los valores más altos se registran entre febrero y marzo,

después baja la precipitación hasta el mes de noviembre donde los meses más secos son septiembre y octubre. El estuario está bordeado por un bosque mixto de manglar, granjas camaroneras y pequeños asentamientos humanos que se interrelacionan con el ecosistema estuarino a través de la pesca artesanal y ecoturismo.

Metodología de muestreo

El estudio se realizó en dos épocas climáticas: época seca (agosto de 2017) y época de lluvia (febrero de 2018). Se seleccionaron longitudinalmente nueve estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del estuario del río Chone (E1- E9), las cuales fueron sectorizadas en 3 zonas, según el gradiente de salinidad (Figura 1). La zona 1 (marina) cercana al océano Pacífico, con mayor asentamiento humano, menor cobertura de manglares y baja actividad camaronera. La zona 2, ubicada en la zona protegida con manglares nativos (Isla Fragata e Isla Corazón) con un nivel intermedio en actividad camaronera y la zona 3, la más limnética próxima al aporte de agua dulce, con manglares fragmentados en islotes creados por efecto de la sedimentación por efecto de actividad camaronera en la zona (Hamilton, 2011). En cada zona, las muestras se tomaron por triplicado, en la franja intermareal, a tres niveles equidistantes, con un tubo nucleador (8" diámetro interno). El sedimento fue filtrado a través de un tamiz de 0,5 mm de luz de malla. Los individuos retenidos se separaron y cuantificaron por grupos.

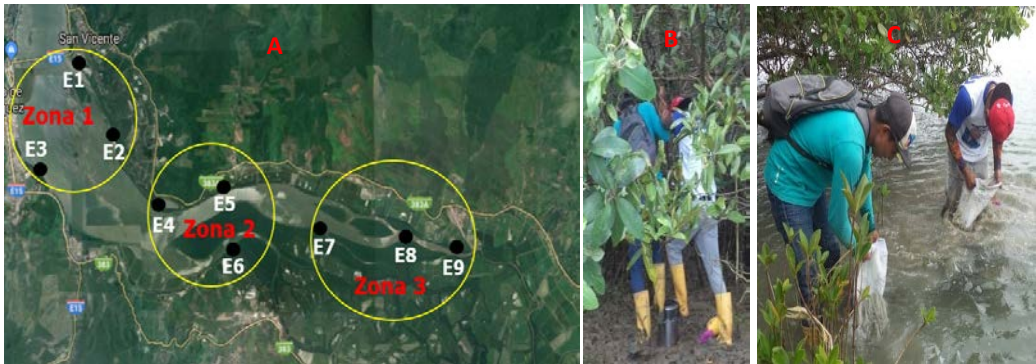


Figura 1. Ubicación geográfica de las zonas de muestreo (A), toma de muestra de sedimento, (B) tamizado de sedimento para la colecta de macrobentos (C).

La identificación del macrobentos se realizó a nivel de familias utilizando un microscopio óptico siguiendo los trabajos de Boltovskoy (1981), Brusca (1980) y Fauchald (1977). Para la determinación de la morfoespecie de Nemertea, se utilizó el trabajo de Thiel & Norenburg (2009) y para Molusca el de Brito (2017), Penagos (2013) y Keen (1971). Los parámetros fisicoquímicos, en cada zona de muestreo se obtuvieron por triplicado durante la marea alta a través de una sonda multiparamétrica. Las variables medidas fueron salinidad (UPS),

temperatura (°C), pH. La materia orgánica del sedimento, se analizó utilizando el método del horno eléctrico: -pérdida por ignición, 24 horas a 90 ° C/4 h a 550 ° C (Abrantes *et al.*1999).

Análisis de los datos

Para describir la variación en las variables ambientales, se calcularon las medias de todas las variables medidas para las zonas de estudio durante las dos épocas de muestreo. Para determinar índices de diversidad y análisis de clasificación se utilizó el software PAST. Las matrices de datos de abundancia de familias bentónicas vs. estaciones de muestreo se transformaron en $\log_{10}(x + 1)$ para equilibrar familias más raras y comunes. La medida de similitud de Bray-Cutis (Bray y Curtis 1957) se aplicó luego a los datos para generar matrices de similitud entre las estaciones de muestreo.

RESULTADOS

Variables fisicoquímicas

Los valores promedios de las variables ambientales mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las zonas de estudio, con una tendencia a presentar mayores valores temperatura, oxígeno disuelto y pH en la zona 3 y menores en la zona 1, mientras que la salinidad presentó un patrón inverso con valores menores para la zona 3 mostrando diferencias significativas ($P < 0,05$). La materia orgánica (MO) no mostró diferencias entre zonas y periodo ambiental ($P > 0,05$) presentó sus mayores valores en la zona 2 y menores en las zonas 3 y 1 (Tabla 1).

Tabla 1. Resumen de análisis de varianza de una vía de parámetros ambientales y materia orgánica en las zonas estuarinas analizadas. S: época seca; L: época lluviosa.

Variable	Zona	Época	Promedio	Error	Varianza	P valor
Temperatura	1	S	28.67	0.15	0.02	0.35
		L	28.93	0.11	0.01	
	2	S	28.95	0.32	0.08	
		L	29.45	0.22	0.04	
	3	S	29.47	0.43	29.58	
		L	29.58	0.17	0.02	
Salinidad	1	S	22.95	2.37	4.21	0.00
		L	11.52	0.60	0.27	
	2	S	15.21	2.01	3.02	
		L	6.86	2.95	6.51	
	3	S	3.85	1.43	1.53	
		L	5.75	4.62	16.00	

Cont. Tabla 1

Variable	Zona	Época	Promedio	Error	Varianza	P valor
pH	1	S	7.79	0.08	0.00	0.18
		L	8.18	0.08	0.01	
	2	S	7.95	0.12	0.01	
		L	8.05	0.30	0.07	
	3	S	8.03	0.19	0.03	
		L	8.15	0.05	0.00	
Oxígeno disuelto	1	S	6.33	0.53	0.21	0.00
		L	5.03	0.62	0.29	
	2	S	8.11	0.89	0.59	
		L	4.48	1.23	1.14	
	3	S	11.84	2.42	4.39	
		L	4.63	0.26	0.05	
Materia orgánica	1	S	1.81	0.50	0.19	0.39
		L	1.58	0.33	0.08	
	2	S	4.63	0.73	0.40	
		L	3.32	0.23	0.04	
	3	S	3.58	1.97	2.92	
		L	2.16	0.47	0.17	

Composición taxonómica

En total se colectaron 3.176 de macroinvertebrados, distribuidos en 4 phylla, 8 clases y 38 familias. Las 3 familias más abundantes fueron Nereididae con 1289 ind (41%), Veneridae 412 ind (13%) y Columbelloidae 363 ind (11%) (Figura 1; Tabla 2).

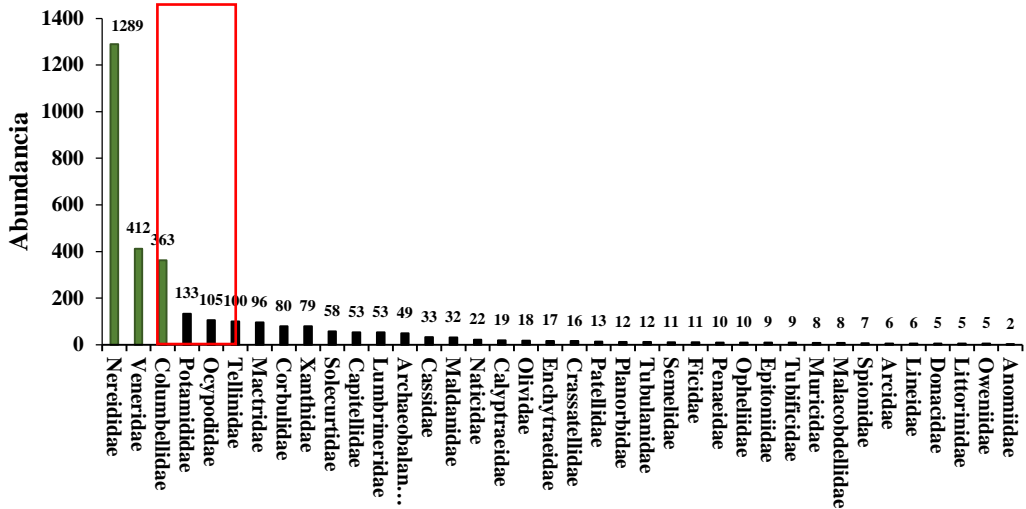


Figura 1. Abundancia de familias encontradas

Tabla 2. Abundancia de familias en las zonas y épocas (seca, lluviosa) analizadas en el estuario del río Chone.

PHYLA	CLASE	FAMILIAS	Zonas en época Seca			Zonas en época Lluviosa		
			Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
Mollusca	Bivalvia	Veneridae	76	47	38	81	65	105
		Corbulidae	10	7	19	16	18	10
		Tellinidae	29	19	5	9	12	26
		Mactridae	18	20	11	17	15	15
		Solecurtidae	0	9	5	6	15	23
		Crassatellidae	0	0	8	1	4	3
		Calyptraeidae	6	2	0	10	1	0
		Donacidae	0	2	0	2	1	0
		Arcidae	1	0	2	2	1	0
		Anomiidae	1	0	0	1	0	0
	Semelidae	7	0	0	3	1	0	
	Gastropoda	Naticidae	7	3	2	9	1	0
		Columbellidae	77	55	60	63	37	71
		Olividae	6	3	1	5	2	1
		Potamididae	29	17	12	33	17	25
		Ficidae	4	3	0	4	0	0
		Muricidae	1	1	2	2	0	2
		Epitoniidae	1	1	1	3	3	0
		Littorinidae	0	1	0	3	1	0
		Planorbidae	7	0	1	2	0	2
Patellidae		6	3	0	4	0	0	
Cassidae	10	4	2	9	1	7		
Arthropoda	Crustacea	Archaeobalanidae	15	11	6	13	1	3
		Ocypodidae	19	8	12	10	12	44
		Xanthidae	12	7	0	10	27	23
		Penaeidae	0	3	0	7	0	0
		Nereididae	189	200	156	279	221	244
Anelida	Polichaeta	Spionidae	4	0	0	2	1	0
		Capitellidae	19	11	8	8	0	7
		Opheliidae	4	0	3	1	1	1
		Maldanidae	12	5	4	4	2	5
		Oweniidae	1	0	1	3	0	0
		Lumbrineridae	0	35	2	4	10	2
		Enchytraeidae	2	0	1	2	1	11
Nemertea	Oligochaeta	Tubificidae	6	0	0	2	0	1
		Palaeonemertea	4	1	0	3	2	2
		Anopla	1	0	0	2	3	0
		Enopla	0	0	3	1	3	1

Análisis espacio-temporal de la comunidad

La distribución espacial de la abundancia mostró diferencias significativas entre las zonas (Kruskal-Wallis, $p=0.0000$), y periodo (Kruskal-Wallis, $p=0.0000$), durante la época de sequía, la abundancia mostró tendencia a decrecer desde la zona 1 hasta la zona 3, mientras que, durante la época de lluvia se observó un comportamiento diferente, registrándose el mayor

número de organismos en las estaciones 1 y 3. La mayor riqueza se obtuvo en la estación 1, en ambos períodos ambientales (Figura 2).

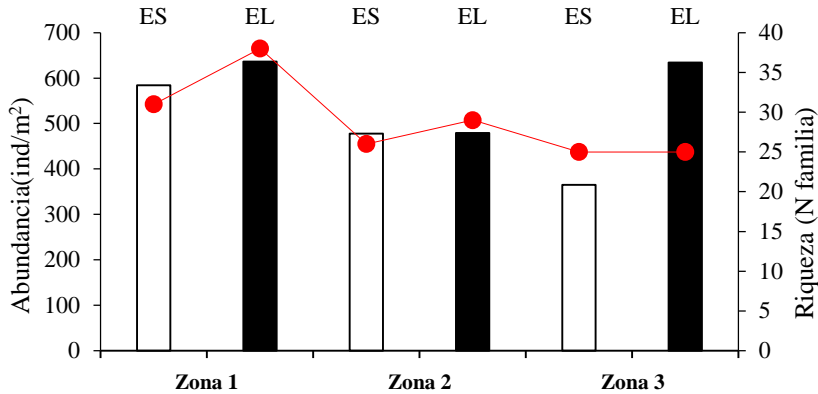


Figura 2. Distribución de la abundancia y riqueza de familias de macroinvertebrados de zonas de manglar en el estuario río Chone. □ Época seca; ■ Época de lluvia. (● : Riqueza).

La distribución temporal de los phylla encontrados muestra que los anélidos y los moluscos fueron los grupos dominantes en términos de abundancia con respecto a los artrópodos y nemertinos que fueron minoritarios. Sin embargo, se observa una tendencia de incremento en la abundancia en la época de lluvia (Figura 3).

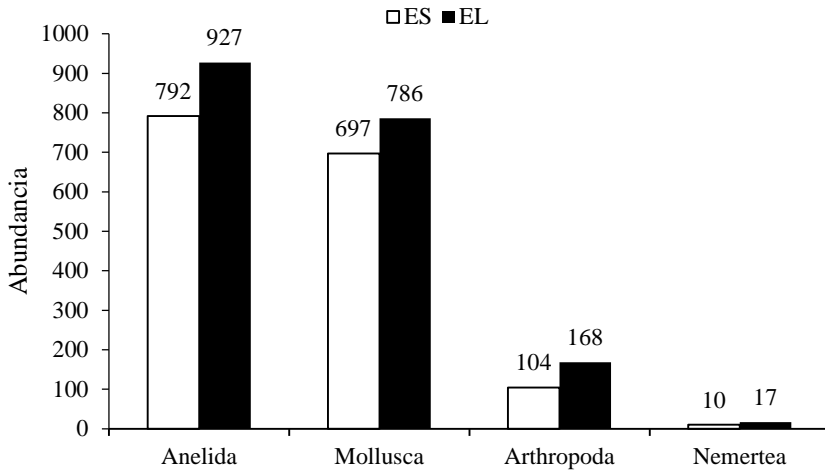


Figura 3. Distribución temporal de la abundancia total de los phylla de macroinvertebrados de zonas de manglar en el estuario río Chone. □ Época seca (ES); ■ Época de lluvia (EL).

Los índices de diversidad analizados (Margalef y Shannon), mostraron sus mayores valores en época seca para la zona 1 y los menores en la zona 3. Según el índice de Pielou la zona 1 durante la época seca, presentó una distribución más equitativa. Por otra parte, los mayores valores de Shannon se registraron en la zona 1 en época seca y menor para la zona 3 en época de lluvia (Tabla 3).

Tabla 3. Índices comunitarios de macroinvertebrados de zonas de manglar en el estuario río Chone. ES: época seca, EL: época de lluvia.

Zonas	Margalef		Pielou		Shannon	
	ES	EL	ES	EL	ES	EL
1	4.71	4.54	0.72	0.61	2.49	2.06
2	5.73	4.07	0.63	0.65	2.28	2.08
3	4.05	3.56	0.67	0.67	2.2	2.12

El nMDS con un estrés de 0,12 (siendo 2.0 el máximo estrés aceptable para este tipo de análisis), mostró que existe un patrón de agrupación en dos con base en la abundancia registrada según el periodo ambiental. El primer grupo muestra en su mayoría, las estaciones muestreadas en época de sequía y el segundo congrega mayoritariamente a las estaciones en periodo de lluvia. Por otro lado, los análisis multivariados no muestran separación espacial entre estaciones. Esta segregación, sugiere que existe un comportamiento estacional en las abundancias según el periodo ambiental, sin embargo se observa un solapamiento con respecto a las zonas monitoreadas, relativo a los grupos de familia que mantienen sus abundancias independientemente del periodo ambiental (Figura 4). El grupo más abundante tanto en las zonas como en las épocas estudiadas, fueron los anélidos, representados principalmente por la familia Nereididae; mientras que el grupo que mostró mayor diversidad fueron los moluscos, representados por las familias Veneridae y Columbellidae, con las mayores abundancias.

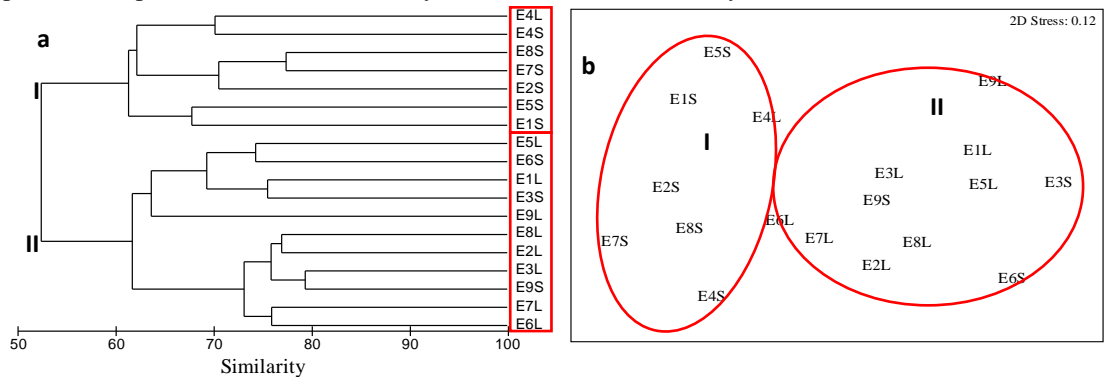


Figura 4. Análisis de clasificación numérica (a) y ordenación nMDS (b) entre las tres zonas de muestreo (z: zonas) y dos periodos hidroclimáticos (S = época seca y L = épocas de lluvias) del año basadas en la abundancia de familias macrobentónicas. Se indican los grupos (I y II) establecidos con una similitud del 17%.

DISCUSIÓN

La abundancia y la riqueza estuvieron dominadas principalmente por los moluscos (bivalvos y gasterópodos) y anélidos, con cambios significativos de acuerdo con un gradiente natural desde la zona más limnética (zona 3) a la más marina (zona 1) del estuario río Chone, las cuales pudieran estar relacionadas directamente con la capacidad fisiológica de los organismos de adecuarse a las condiciones ambientales y a su desempeño ecológico (Greenwood y MacFarlane, 2008). Por otra parte, los gradientes naturales en salinidad, temperatura y contenido orgánico, se han descrito como los factores que explican o modulan la distribución y abundancia de la comunidad macrobéntica en numerosos ecosistemas estuarinos (Wolff 1983, Warwick *et al.* 1991, Attrill *et al.* 1996, Rakocinski *et al.* 1997, Ysebaert *et al.* 2002, Mucha *et al.* 2003, Sousa *et al.* 2006). Los resultados obtenidos, muestran que la abundancia es mayor en la zona 1 (mayor salinidad) y menor en la zona 3 (menor salinidad) durante la época seca, lo que se fundamentaría de alguna forma en el diagrama de Remane (1934), un modelo que muestra la distribución de la diversidad de especies a lo largo de un continuo de salinidad con base a su tolerancia, sugiriendo que los componentes marinos y dulceacuícolas ocurren con la misma riqueza específica y que estos componentes disminuyen progresivamente conforme aumenta o disminuye la salinidad, dejando un pequeño espacio a las especies “salobres”, que son menos numerosas en las zonas donde se registran 6 UPS o menos (Chávez-López 2017). Sin embargo, en la época de lluvia la abundancia de las familias se incrementó en todas las zonas, observándose mayor incremento en la zona 3, lo que puede estar relacionado con las descargas de los ríos que cargan con nutrientes, materia orgánica y partículas en suspensión al sistema. La zona 1 fue la de mayor riqueza de familias, la misma que se incrementa en época de lluvia, considerando la influencia del efecto de los cambios del entorno (cambio de salinidad) sobre las comunidades biológicas, y la menor riqueza se asocia a las zonas más limnéticas, sin embargo la zona 3 presentó menor riqueza en las dos épocas. Los factores ambientales a diferentes escalas espaciales y temporales del estuario del río Chone, de acuerdo a los resultados obtenidos, controlan la estructura y distribución de los organismos. En este estudio, se observó una diferencia espaciotemporal en los parámetros ambientales, entre los cuales la salinidad podría considerarse como el factor modelador del proceso estuarino influyendo en la estructura comunitaria de los organismos a lo largo del río Chone. El aumento de la salinidad en los ecosistemas continentales es uno de los factores que influye en la distribución, la abundancia y el desarrollo de los organismos; distintas especies del mismo género tienen diferentes rangos de tolerancia a la salinidad (Eckert *et al.* 1989). Desde el punto de vista de estructura comunitaria, los ambientes estuarinos, poseen un reducido número de especies (baja riqueza y diversidad), están representadas por una gran cantidad de individuos (Wolf 1983; Costanza *et al.* 1993). De acuerdo a los resultados obtenidos, los parámetros ambientales rigen la distribución y la variación de la diversidad de la comunidad macrofaunal asociadas a los manglares en el estuario del río Chone.

CONCLUSION

La salinidad en el estuario de río Chone, actúa como modulador de la estructura comunitaria, pero no de la composición de especies.

Estos resultados ayudarán a predecir los cambios de las poblaciones en respuesta ambiental entre poblaciones y sirve para pronosticar los efectos del cambio climático en especies localmente adaptadas a su ambiente abiótico.

AGRADECIMIENTOS

A los hermanos Ramón y Juan Vera Farías, quienes brindaron asistencia en la logística del trabajo de campo. A pescadores artesanales que colaboraron con la embarcación de transporte fluvial dentro del estuario.

REFERENCIAS

- Abbott, R.T. (1974). American Seashell, second ed. Van Nostrand Reinholdcompany, New York, 663 pp.
- Abrantes, A., Pinto, F., Moreira, M.H. (1999). Ecology of polychaete, *Nereis diversicolor*, in the Canal de Mira (Ría the Averio, Portugal): Population Dynamic, production and oogenic cycle. *Acta Oecologica*, 20(4):267-283.
- Attrill MJ, Rundle SD, Myles Thomas R (1996) The influence of drought-induced low freshwater flow on an upper-estuarine macroinvertebrate community. *Water Res* 30:261–268.
- Attrill, M.J. (2002). A Testable Linear Model for Diversity Trends in Estuaries. *The Journal of Animal Ecology*, 17(2):262-269.
- Begon, M., Townsend, C.R., Harper, J.L. (2006). Ecology: from individuals to ecosystems. Blackwell Publishing, Oxford.
- Boltovskoy, D. 1981. Atlas del zooplancton del atlántico sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. INIDEP, Mar de Plata, Argentina. 936 pp.

- Brito Vera, María José. (2017). Moluscos marinos distribuidos en la primera milla de la costa ecuatoriana.
- Brusca, P. (1980). Common intertidal invertebrates of gulf of California. 2da ed. The university of Arizona Press. Tucson, Arizona 325 p.
- Chávez-López, R. (2017). Estuarios ciegos en la costa de Veracruz, México. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*, 10(38):697-721.
- Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18:117–143.
- Coello., Macías. (2006). Estudio de Zonificación y Manejo de Conflictos de la Pesca Artesanal en la UCV Bahía. Informe de Consultoría para el Programa de Recursos Costeros (PMRC). Bahía de Caráquez., p:3 – 4.
- Dauvin JC (2008) Effects of heavy metal contamination on the macrobenthic fauna in estuaries: The case of the Seine estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 57:160–169.
- Fauchald, K. (1977). The polychaete worms. Definitions and Keys the order, families and genero. Natural History Museum of Angeles Country, USA. 188 p.
- Gesamp (1991). (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/ UNEP. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). Reducing Environmental Impacts of Coastal Aquaculture. Reports and Studies GESAMP, No.47.
- Greenwood M.E., MacFarlane, G.R. 2008. Effects of salinity on competitive interactions between two *Juncus* species. *Aquatic Botany*, 90:23–29.
- Hamilton, S. E. (2011). "The Impact of Shrimp Farming on Mangrove Ecosystems and Local Livelihoods Along the Pacific Coast of Ecuador". Dissertations. 656. <https://aquila.usm.edu/dissertations/656>.
- Keen, A. M. (1971). Sea shell of thropical West America, Marine mollusks from Baja California to Peru. Standfor University Press, stanfor California X: 1064 pp.
- Keitt, T.H., Bjornstad, O.N., Dixon, P.M., Citron-Pousty, S. (2002). Accounting for spatial pattern when modeling organism-environment interactions. *Ecography* 25:616-625.

- Little S., Wood P.J., Elliott M. (2016). Quantifying salinity-induced changes on estuarine benthic fauna: The potential implications of climate change *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198.
- Margalef, R. (1958). Temporal succession and spatial heterogeneity in natural phytoplankton. *Perspectives in marine Biology*. Univ. California Press.
- Marshall, N. (1994). Mangrove conservation in relation to overall environmental considerations. *Hydrobiologia*, 285:303– 309.
- Mucha AP, Vasconcelos MTSD, Bordalo AA (2003) Macrobenthic community in the Douro estuary: relations with trace metals and natural sediment characteristics. *Environ Pollut* 121:169-180
- Murugesan P., Sarathy P., Muthuvelu S., Mahadevan G. (2018). Diversity and Distribution of Polychaetes in Mangroves of East Coast of India. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.78332>.
- Peeters ETHN, Gardeniers JJP, Koelmans AA (2000) Contribution of trace metals in structuring in situ macroinvertebrate community composition along a salinity gradient. *Environ Toxicol Chem* 19:1002–1010.
- Penagos, F. (2013). Guía ilustrada Moluscos marinos gasterópodos y lamelibranquios de la costa de Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Colección Jaguar.UNICACH. 1era Edición., pp.30–50.
- Rakocinski CF, Brown SS, Gaston GR, Heard RW, Walker WW, Summers JK (1997) Macrobenthic responses to natural and contaminant-related gradients in northern Gulf of Mexico estuaries. *Ecol. Appl.* 7:1278-1298.
- Saenger P., Hegerl E.J., Davie J.D.S. (1983). Global status of man-grove ecosystems. *Environmentalist*, 3(Suppl. 3):1–88.
- Remane A., (1934). Die Brackwasserfauna. *Verhandlungen Der Deutschen Zoologischen Gesellschaft*, 36:34-74.
- Sheridan P. (1997). Benthos of adjacent mangrove, seagrass and non-vegetated habitats in Rookery Bay, Florida, USA. *Es-tuarine Coastal and Shelf Science*, 44:455–469.

- Thiel, M., Norenburg, J. (2009). Nemertea-Gusanos Cintiformes. En Fauna marina bentónica de la Patagonia Chilena: guía de identificación ilustrada, pp. 370–380.
- Wolff, W.J., (1983). Estuarine benthos. Ecosystems of the world. Elsevier, Amsterdam, pp. 151-1983.
- Sousa R, Dias S, Antunes JC (2006) Spatial subtidal macrobenthic distribution in relation to abiotic conditions in the Lima estuary, NW of Portugal. *Hydrobiologia* 559:135-148.
- Warwick RM (2001) Evidence for the effects of metal contamination on the intertidal macrobenthic assemblages of the Fal estuary. *Mar. Pollut. Bull.* 42:145-148.
- Warwick RM, Goss-Custard JD, Kirby R, George CL, Pope ND, Rowden AA (1991) Static and dynamic environmental factors determining the community structure of estuarine macrobenthos in SW Britain: Why is the Severn estuary different? *J. Appl. Ecol.* 28:329-345.
- Wolf WJ (1983) Estuarine benthos. In: Ketchum BH (ed) Ecosystems of the world Vol. 26. Estuaries and enclosed seas. Elsevier, Amsterdam, pp 337–374.
- Ysebaert T, Meire P, Herman PMJ, Verbeek H (2002) Macrobenthic species response surfaces along estuarine gradients: prediction by logistic regression. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 225:79-95.

Dinámica poblacional del ostión *Crassostrea cf. corteziensis* en el estuario del Río Chone

Panta-Vélez Rodolfo Patricio¹; Moncayo-Rodríguez María Lissethe¹; García-Bermúdez Alán Emilio¹; Matos-Briones Zoila Gabriela¹; Mogro-Loor Lee Joe¹; Alvarado-Rizo Roberto Carlos¹; Suarez Avilés Reyna Jonathan Daniel¹; Torres-Farías Pierina Alexandra¹; Bedón-Zambrano Carlos Ernesto¹; Zambrano-Gómez Víctor Hugo¹; Bernal-Zambrano Juan José²; Retamales-González, Roberto Antonio³

¹Grupo de Investigación en Biología y cultivo de Molusco INBICUM, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Universidad Técnica de Manabí. | ²Grupo de Investigación en Biología y cultivo de Equinodermo INBICEQ, Escuela de Acuicultura y Pesquería, Universidad Técnica de Manabí. | ³Consultor Investigador

✉ rpanta@utm.edu.ec; jbernal@utm.edu.ec; roretamales@gmail.com

RESUMEN

El Ostión *Crassostrea cf. corteziensis* es una especie que habita en el ecosistema de manglar en el estuario del río Chone, donde es explotado de forma artesanal para fines comerciales y de consumo, siendo necesaria la diversificación de la producción acuícola para la preservación de la especie. En este estudio, se evaluó la dinámica poblacional de *Crassostrea cf. corteziensis* en la localidad de Portobelo, estuario del río Chone, entre mayo 2018-abril 2019. Mensualmente, se estimó la estructura poblacional, mediante la altura total (Ht) y peso total (Pt) y parámetros de crecimiento (H_{∞} , K, t_0 , Tmáx), índice de crecimiento (ϕ') del recurso. La población mostró un intervalo de altura entre 25 mm y 170 mm ($58,91 \pm 1,03$ mm) y peso total de 1,50 g a 322,40 g ($62,33 \pm 2,66$ g), dominada por grupos de individuos con tallas de 40 mm a 70 mm Ht y 25 a 75 g Pt. Los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy estimaron una altura asintótica (H_{∞}) de 178,5 mm, un coeficiente de crecimiento (K) de 0,50/año, t_0 de -0,20, Tmáx de 6,19 y un índice de crecimiento de 4,20. La relación entre la altura total (Ht) y el peso total (Pt) estuvo representada por la ecuación $Pt = 0,4698 * Ht^{2,2688}$ ($r^2 = 0,7661$; $n = 905$) indicando que la especie presenta un crecimiento alométrico negativo. La estructura poblacional y los parámetros de crecimiento analizadas, son las primeras estimaciones para la población de *Crassostrea cf. corteziensis*, en el estuario del río Chone, información necesaria para la evaluación y manejo de este recurso.

Palabras claves: sobreexplotación, pesquería, parámetros de crecimiento, mortalidad, manejo de recurso.

INTRODUCCIÓN

En el estuario del río Chone los moluscos forman parte importante de la actividad pesquera. En todo el sector constituyen una fuente de recolecta para los pescadores artesanales y habitantes aledaños en esta zona al estuario (Panta-Vélez y Sánchez, 2008, Bermúdez, 2008, Figueroa y

Treviño, 2009, Delgado y García, 2010, Chica y Vite, 2011, Panta-Vélez, 2012, García-Delgado y Leones-Zambrano, 2016, Espinoza-Espinoza y Troya-García, 2018).

El ostión *Crassostrea cf. cortezensis* es una especie de bivalvo que se distribuye desde el Golfo de California hasta Perú (Fischer, Krupp, Schneider, Sommer, Carpenter & Niem 1995). En el Ecuador se los encuentra en camarones, río verde en Esmeraldas, estuario del Golfo de Guayaquil, Archipiélago de Jambelí (Mora, 1990). En el estuario del río Chone habita en el ecosistema de manglar dentro de la reserva ecológica de la Isla Corazón, siendo explotado de forma artesanal por los habitantes del sector de Portobelo para fines de consumo y comerciales. Sin embargo, presenta características que pueden ser aprovechadas en la acuicultura, ya que es una especie estuarina lo que permitirá diversificar la producción acuícola, no solo en el estuario del río Chone sino también en toda la costa ecuatoriana.

Los estudios de ecología poblacional de moluscos son importantes debido a que proporcionan sustancial información relacionada con la distribución y estructura de la población, permitiendo efectuar predicciones sobre el reclutamiento de la población adulta (García y Leones, 2016), por lo que es necesario intensificar los estudios con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de un recurso, mediante la explotación racional de los bancos naturales, lo que garantizará un abastecimiento sostenido en el tiempo. *Crassostrea cf. cortezensis*, es extraído, comercializado por los pescadores locales, del estuario del río Chone, sin ninguna regulación, constituyendo una alternativa para la alimentación popular, por su fácil aceptación.

No existe información sobre la dinámica de poblaciones de esta especie de molusco en el Ecuador, ni regulaciones de gestión y ni manejo de este recurso, por lo que la presente investigación tiene como objetivo evaluar la dinámica poblacional del ostión *Crassostrea cf. cortezensis* en el estuario del río Chone, la misma que serviría para implementar planes de gestión y manejo de este recurso en esta zona del Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio de la presente investigación fue frente a la Isla corazón, sitio Portobelo, cantón San Vicente, en el estuario del río Chone (0°38'25,9"S, 80°21'34,2"W) ubicado en la parte central de la zona costera de la provincia de Manabí, Ecuador.

La recolección de las muestras poblacionales del ostión, se realizó cada mes por el lapso de un año desde mayo 2018 hasta abril 2019, en época de aguaje, en los períodos de bajamar en una zona arenosa-pedregosa a una profundidad entre 0,5 y 1 m utilizando martillo y cincel para desprenderlas de las rocas. En cada muestreo se colectaron aproximadamente 80 ostiones, los mismos que fueron transportados en un cooler hacia el laboratorio.

En el laboratorio de Biología Pesquera de la Escuela de Acuicultura y Pesquería, los ostiones fueron lavados con abundante agua dulce y con la ayuda de un cepillo, a cada ejemplar se le eliminó el sedimento y la epifauna adherida a sus valvas. Posteriormente se tomó las dimensiones morfométricas como altura total (distancia antero-posterior), longitud total (distancia dorso-ventral) de la concha, con un Vernier de 0,01 mm de precisión; el peso total se obtuvo en gramos (g) con precisión de 0,01 con una balanza electrónica CAS.

El crecimiento se analizó con todos los organismos muestreados, construyendo histogramas de frecuencias con intervalos de 10 mm. Las estimaciones de los parámetros de crecimiento de Von Bertalanffy H_{∞} (Altura asintótica) y K (Tasa de crecimiento o parámetro de curvatura) fueron elaborados combinando las muestras de longitud – frecuencia (Pauly, 1983). A los datos de L_t se le aplicó el programa computarizado FISAT II usando el método de Shepherd (1987) de Análisis de Composición de Longitudes (SLCA) para obtener estimados de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy:

$$H_t = H_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})$$

Dónde: H_t = longitud en un tiempo t , H_{∞} = longitud máxima que puede alcanzar la población, K = constante de crecimiento, t_0 = la edad a la longitud cero.

Para la determinación del valor de t_0 que representa el tiempo en que el organismo tiene cero milímetros de longitud, se utilizó la siguiente ecuación de acuerdo a Pauly (1983):

$$\text{Log}_{10} (- t_0) = - 0,3922 - 0,2752 * \text{Log}_{10} (H_{\infty}) - 1,038 * \text{Log}_{10} (K)$$

La máxima edad posible o longevidad se calculó con la expresión:

$$T_{\max} = \left(\frac{2,996}{K} \right) + t_0$$

Considerando que la mayor talla observada en la naturaleza corresponde aproximadamente al 95% de L_{∞} según Taylor (1962) y Beverton (1963).

El índice de crecimiento (\emptyset') fue estimado de acuerdo a la ecuación de Pauly y Munro, (1984).

$$\emptyset' = \text{Log}_{10} (K) + 2 \text{Log}_{10} (H_{\infty})$$

La relación entre el peso total y la altura total se la determinó de acuerdo a la relación potencial:

$$P_t = a * H_t^b$$

Dónde: P_t = peso total (g), H_t = altura total (mm), a = intercepto, b = pendiente

A los datos obtenidos de los parámetros poblacionales del ostión *Crassostrea cf. cortezensis* en el estuario del río Chone se aplicó estadística descriptiva tales como promedios, error estándar, desviación estándar, valor mínimo y máximo en relación con el tiempo de colecta, utilizando Microsoft Excel. Para las estimaciones de los parámetros de crecimiento y mortalidad se utilizó el programa FISAT II.

RESULTADOS

Estructura poblacional

Se analizaron 905 ostiones *Crassostrea cf. cortezensis*, con un intervalo de altura total que osciló entre 25 mm y 170 mm (Figura A) con un promedio de $58,91 \pm 1,03$ mm y peso total que varió entre 1,50 g y 322,40 g (Figura B) con peso promedio de $62,33 \pm 2,66$ g. Los organismos de 40 mm a 70 mm de altura total, representaron el (86,52 % de la muestra total) y de 25 a 75 g de peso total, mostraron mayor frecuencia de aparición (78,01%).

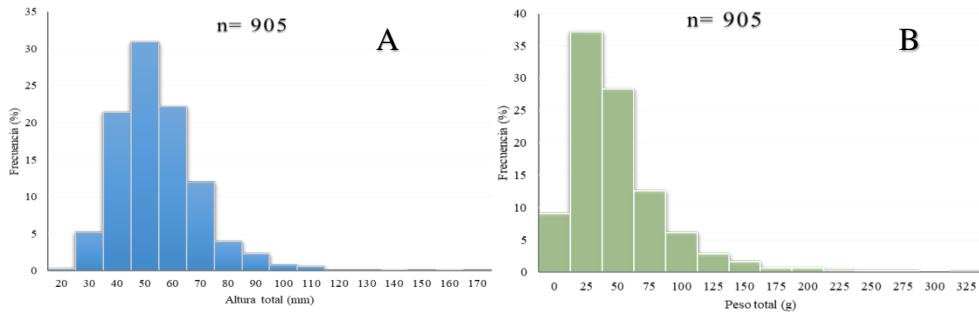


Figura 1. Distribución de frecuencia (%) de la altura total (mm) (A) y peso total (g) (B) del ostión *Crassostrea cf. cortezensis*, en el sitio Portobelo, estuario del río Chone. Mayo 2018-abril 2019.

Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento de *Crassostrea cf. cortezensis* se determinaron a partir de distribuciones de frecuencia de tallas agrupadas en clases de 10 mm de altura total mostrando que la población presenta una altura asintótica (H_{∞}) de 178,5 mm; con un coeficiente de crecimiento (K) de 0,50/año; un t_0 de -0,20, $T_{\text{máx}} = 6,19$ y con un índice de crecimiento de 4,202. La expresión final del crecimiento se puede representar por la siguiente ecuación: $H_{\infty} = 178,50 [1 - e^{-0,50(t+0,20)}]$ (Figura 2).

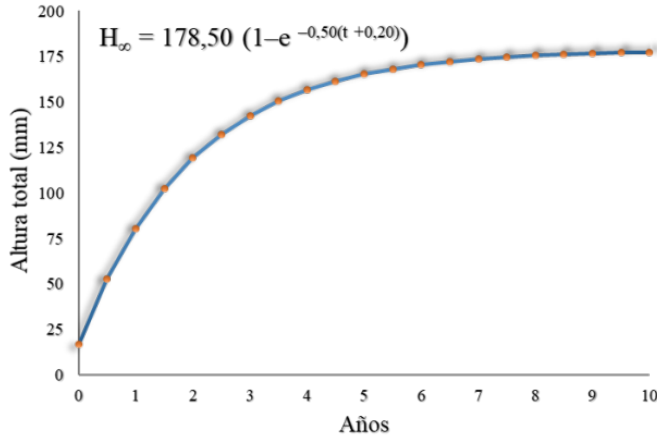


Figura 2. Curva de crecimiento de von Bertalanffy del ostión *Crassostrea cf. corteziensis*, en el sitio Portobelo, estuario del río Chone. Mayo 2018-abril 2019.

Relación Altura total-Peso total

La relación entre la altura total (Ht) y el peso total (Pt) del ostión *Crassostrea cf. corteziensis* en la población estudiada, estuvo representada por la ecuación $Pt = 0,4698 Ht^{2,2688}$ ($r^2 = 0,7661$; $n = 905$) (Figura 3), mostrando valores para el coeficiente de alometría (b) significativamente menores a 3 presentando un crecimiento alométrico negativo ($t = 54,39$; $P < 0,0001$), con intervalos de confianza del 95% entre 2,19 y 2,35.

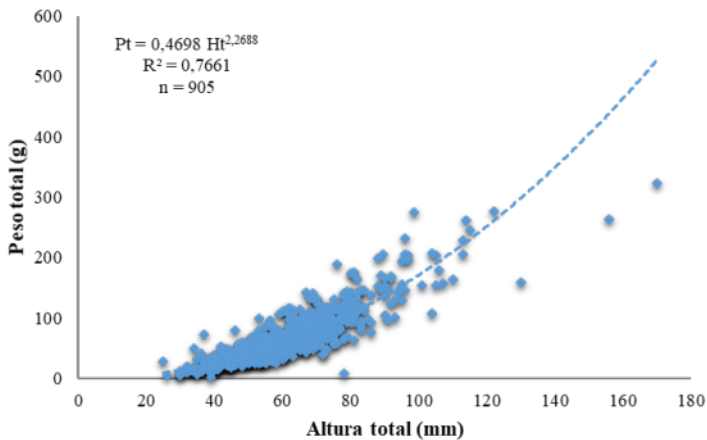


Figura 3. Relación Ht - Pt del ostión *Crassostrea cf. corteziensis*, en el sitio Portobelo, estuario del río Chone. Mayo 2018-abril 2019.

DISCUSIÓN

El género *Crassostrea* incluye especies muy importantes a nivel ecológico y comercial, que presentan plasticidad fenotípica lo cual dificulta su identificación requiriendo el empleo de herramientas más allá de los caracteres morfológicos para su acertada identificación taxonómica (Amaral y Simone, 2014), Lazoski *et al.* (2011) mencionan que, los cambios morfológicos pueden darse en respuesta a las condiciones ambientales, dando lugar a confusiones en la clasificación taxonómica (Rodríguez y Lagos, 2007) siendo muy importante resolver los interrogantes mediante procedimientos moleculares. En el caso de *Crassostrea cf. cortezensis* en el estuario del río Chone, la correcta identificación de individuos es necesaria, tanto para el desarrollo de proyectos ecológicos como comerciales.

En este estudio la talla de la población muestreada mantuvo una distribución relativamente homogénea durante el período de muestreo, aunque con diferencias mensuales ($H= 125,10$; $P = <0,0001$). La distribución de frecuencias de tallas muestra la presencia de un grupo dominante de individuos con tallas entre 40 mm y 70 mm de longitud total, representando los de mayor frecuencia (86,52 % de la muestra total) en todos los meses de muestreo. Con relación al peso total, *Crassostrea cf. cortezensis*, presentó un promedio de $62,33 \pm 2,66$ g existiendo diferencias significativas entre los meses ($H= 118,07$; $P = <0,0001$). Estos resultados difieren al estudio realizado por Chávez-Villalba *et al.* (2005) quienes reportaron para *Crassostrea cortezensis* con una altura total promedio fue de $71,3 \pm 1,9$ mm y peso total de $30,1 \pm 1,9$ g lo que sugiere que la población analizada muestra un rango amplio de crecimiento en talla y peso y que estas variables pueden cambiar en relación al medio ambiente.

Crassostrea cf. cortezensis está sometida a una pesquería que cada vez se hace más efectiva, y la comprensión de los parámetros de crecimiento de la población se hace necesaria para desarrollar estrategias de aprovechamiento sostenibles (Aragón-Noriega *et al.*, 2014). Los parámetros de crecimiento de esta especie en Portobelo, estuario del río Chone fue de $H_{\infty}= 178,5$ mm; $K=0,50/\text{año}$; $t_0= -0,20$ y $T_{\text{máx}}= 6,19$ con un índice de crecimiento de 4,20, siendo los primeros registros en obtenerse para *Crassostrea cf. cortezensis* en el estuario del río Chone. Asimismo, estos resultados indican que la especie en el estuario muestra un crecimiento medio, alcanzando una talla aproximada de 80,54 mm de H_t a un año después de su eclosión. Si los comparamos con otros registros realizados en México, en donde se ha reportado, estos valores difieren a los reportados para la misma especie ($L_{\infty}= 114$ mm; $K=1,1/\text{año}$; $t_0= 0$) en Sonora México por Chávez-Villalba *et al.* (2005) calculados a partir de muestras relativamente pequeñas, y Chávez-Villalba *et al.* (2008) ($H_{\infty}= 132,2$ mm; $K= 1,08/\text{año}$, $t_0= -0,18$).

Las relaciones talla-peso, permiten conocer si en un organismo predomina una tendencia isométrica ($b= 3$) o alométrica ($b<3$ o $b>3$), definiendo así la proporción del crecimiento de los

individuos de una población (Serrano, 2003). Esta relación es requerida en análisis pesqueros para estimar y determinar el tamaño de la población de una especie, ya que la tasa de incremento en peso y talla refleja la influencia de los factores ecológicos de un hábitat y cómo estos afectan a los organismos (Mohammed & Yassien, 2003; Panta-Vélez, 2012; Vásquez *et al.*, 2015; García-Delgado y Leones-Zambrano, 2016). *Crassostrea cf. corteziensis* mostró un crecimiento alométrico negativo ($b= 2,2688$; $t = 54,39$; $P < 0,0001$), similares valores ($b= 2,8389$) lo reportaron Chávez-Villalba *et al.* (2005) y ($b= 2,3473$) Chávez-Villalba *et al.* (2008) para *Crassostrea corteziensis* en Sonora, México y diferente de otro estudio ($b= 3,0953$) Chávez-Villalba *et al.* (2008) y ($b= 2,9447$) Góngora-Gómez *et al.* (2018).

CONCLUSIONES

La estructura poblacional (distribución de frecuencias de tallas y pesos en relación al tiempo de captura) permitió conocer las longitudes mínimas y máximas de *Crassostrea cf. corteziensis* en el estuario del río Chone entre mayo 2018 y abril 2019. El crecimiento fue de carácter alométrico negativo, es decir que la tasa de incremento en peso total fue menor a 3. La tasa de crecimiento del ostión fue $K=0,50/año$, por lo tanto, la especie presenta un crecimiento mediano. La estructura poblacional y los parámetros de crecimiento son las primeras estimaciones para *Crassostrea cf. corteziensis* en el estuario del río Chone, considerándose antecedentes útiles para la evaluación y manejo de este recurso.

AGRADECIMIENTO

Se le agradece al Sr. Galo Cedeño y familia, moradores del sitio Portobelo por la ayuda prestada en la colecta de las muestras.

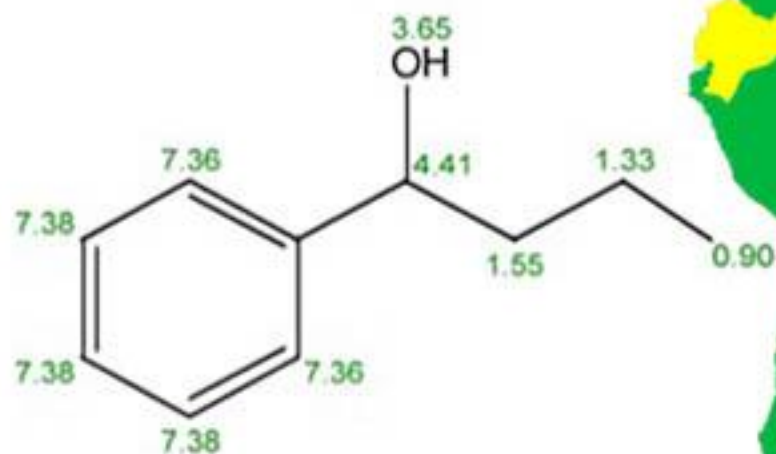
REFERENCIAS

- Amaral, V.S. & Simone, L.R.L. (2014). Revision of genus *Crassostrea* (*Bivalvia: Ostreidae*) of Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(4):811–836.
- Aragón-Noriega, E.A., Cruz-Vásquez, R., Rodríguez-Domínguez, G., Alcántara-Razo, E., Cortez-Lucero, G. y Rzcón-León, C.A. (2014). Teoría de la información, inferencia multimodelos y fuente de datos para modelar el crecimiento individual de almeja de sifón *Panopea globosa*. *Ciencia Pesquera*, 22(1):19-28.
- Bermúdez, A. (2008). Evaluación de la pesquería y estructura poblacional de la concha prieta (*Anadara tuberculosa*) en el sitio San Felipe del estuario del río Chone. [Tesis de pregrado]. Bahía de Caráquez, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Escuela de Acuicultura. 104 p.

- Beverton, R.J.H. (1963). Maturation, growth and mortality of clupeid and engraulid stocks in relation to fishing. *Rapp. P.-V. Réun. CIEM.*, 54:44-67.
- Chávez-Villalba, J., López-Tapia, M. Mazón-Suástegui, J. & Robles-Mungaray, M. (2005). Growth of the oyster *Crassostrea cortezensis* (Hertlein, 1951) in Sonora, Mexico. *Aquaculture Research*, 36:1337-1344.
- Chávez-Villalba, J., Hernández-Ibarra, A., López-Tapia, M.R. & Mazón-Suástegui, J.M. (2008). Prospective culture of the Cortez oyster *Crassostrea cortezensis* from northwestern Mexico: Growth, gametogenic activity, and condition index. *Journal Shellfish Research*, 27:711-720.
- Chica, E. y Vite, S. (2011). Biometría y desarrollo gonadal de *Anadara tuberculosa* en el sitio san Felipe del estuario del río Chone. [Tesis de pregrado]. Bahía de Caráquez, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Carrera de Acuicultura. 122 p.
- Delgado, J.P. y García, A.E. (2010). Determinación de la composición y abundancia de almeja de los géneros *Protothaca* y *Chione* en una zona intermareal en el estuario del río Chone. [Tesis de pregrado]. Bahía de Caráquez, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Carrera de Acuicultura. 106 p.
- Espinoza-Espinoza, M.L. y Troya-García, J.J. (2018). Abundancia, crecimiento y mortalidad de una población de almeja, *Leukoma asperrima* (Sowerby, 1835) en el estuario del río Chone. [Tesis de pregrado]. Bahía de Caráquez, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Escuela de Acuicultura y Pesquerías. 46 p.
- Figueroa, L.A. y Treviño, L.M. (2009). Crecimiento y sobrevivencia de la Ostra perlífera (*Pteria sterna*) en Cultivo suspendido flotante en la desembocadura del Estuario del río Chone, provincia de Manabí. [Tesis de pregrado]. Bahía de Caráquez, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Carrera de Acuicultura. 137 p.
- Fischer, 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 pesca. Pacífico Centro-Oriental. Plantas e Invertebrados, Vol.1. FAO, Roma, Italy.
- García-Delgado, A.P. y Leones-Zambrano, J.L. (2016). Crecimiento y mortalidad del ostión de roca *Striostrea prismatica* (Gray, 1825) en dos poblaciones en la costa de Manabí. Tesis de

- pregrado. Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Carrera de Ingeniería en Acuicultura y Pesquerías. Bahía de Caráquez, Manabí, Ecuador. 54 pp.
- Góngora-Gómez, A.M., Leal-Sepúlveda, A.L., García-Ulloa, M., Aragón-Noriega, E.A. & Valenzuela-Quiñónez, W. (2018). Morphometric relationships and growth models for the oyster *Crassostrea corteziensis* cultivated at the southeastern coast of the Gulf of California, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 46(4): 735-743.
- Lazoski, C. Gusmão, J. Boudry, P. Solé-Cava, A.M. (2011). Phylogeny and phylogeography of Atlantic oyster species: evolutionary history, limited genetic connectivity and isolation by distance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 426:197-212. Doi: <https://doi.org/10.3354/meps09035>.
- Mohammed, S.Z. & Yassien, M.H. (2003). Population Parameters of the Pearl Oyster *Pinctada radiata* (Leach) in Qatari Waters, Arabian Gulf. *Turk. J. Zool.*, 27:339-343.
- Mora, E. (1990). Catálogos de bivalvos marinos del Ecuador. Boletín Científico y Técnico, 10(1). 49. (1-136).
- Panta-Vélez, R.P. y Sánchez, W. (2008). Morfología, crecimiento y desarrollo gonadal del caracol *Natica (Naticarius) unifasciata* en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador. [Tesis de pregrado]. Bahía de Caráquez, Ecuador: Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Veterinarias, Escuela de Acuicultura. 134 p.
- Panta-Vélez, R.P. (2012). Estudio biológico pesquero del caracol *Natica (Naticarius) unifasciata* en el estuario del río Chone para fines de manejo. [Tesis de Maestría]. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Maestría en Ciencias Manejo Sustentable de Biorrecursos y Medio Ambiente. 90 p.
- Pauly, D. (1983). Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Roma: FAO, Documento Técnico de Pesca 234. 49 p.
- Pauly, D. & Munro, J.L. (1984). Once more on growth comparison in fish and invertebrates. *Fishbyte*, 2: 21.
- Rodríguez, H. y Lagos, A. (2007). La ostra del Caribe *Crassostrea rhizophorae* como alternativa de maricultura. En: Victoria P, Sanabria Ochoa A, Lagos A, editores. La ostra del Caribe *Crassostrea rhizophorae*: una alternativa de maricultura. Colombia, Bogotá: Ramos López Editorial. 13-32 p.

- Serrano, S.J. (2003). Análisis prospectivo de las relaciones morfométricas de *Pinna rugosa* Sowerby, 1835 (*Bivalvia: Pinnidae*) en Corralero-Alotengo, Oaxaca, México. *Ciencia y Mar*, 22:31-39.
- Shepherd, J.G. (1987). Composition data. In: D. Pauly and G. R. Morgan (Editors), Length Based Methods in Fisheries Research. ICLARM, Manila and KISR, Safat, 113-120 p.
- Taylor, C.C. (1962). Growth equation with metabolic parameters. *J. Cons. IEM.*, 27:270 – 286.
- Vásquez, G., Crescini, R., Villalba, W., Mogollón, J. y Troccoli, L. (2015). Aspectos biológicos básicos de *Pinctada imbricata* (*Bivalvia: Pteriidae*) en la laguna de La Restinga, isla de Margarita, Venezuela. *Rev. Mar. Cost.*, 7:117-132.



SUSTANCIAS ACTIVAS Y BIOTECNOLOGÍA



Composición química y biotoxicidad del alga roja *Kappaphycus alvarezii* Doty (Solieriaceae)

D'Armas H., Neyra M., Segnini M., Leonor L., Barrios J.

Composición lipídica del tejido muscular de algunas especies de peces marinos recolectados en aguas venezolanas

D'Armas H., Mendoza A., Ranaudo M., Lemus M

Análisis citotóxico de cinco especies de algas marinas (*centrocercas clavulatum*, *hypnea spinella*, *kappaphykus alvarezii*, *padina pavónica*, *spatoglossum schröderi*) recolectadas en la playa de Salinas - Ecuador.

Camacho Priscila, Díaz Andrea, Jaramillo Carmita, D'Armas Haydelba, González Víctor, Tocto Jefferson

Estudio de la composición proximal, lipídica y de ácidos grasos de *Cassostrea rhizophorae* (Ostra de mangle), provenientes de la Laguna de La Restinga, en tres períodos climáticos

Rodríguez, J., Milano, J., Moreno, S.

Efecto neuroprotector de fucoxantina extraída a partir de macroalgas marinas

C. Lourenço-Lopes, L. Cassani., C. Jiménez-López, A. G. Pereira, P. García-Oliveira,

M. Carpena, M. Fraga, M. A. Prieto, Jesús Simal-Gándara

***Sargassum muticum*: Estudio para su valorización industrial en Galicia**

P. García-Oliveira, C. Jiménez-López, A.G. Pereira, C. Lourenço-Lopes, M. Carpena, M. Fraga,

M.A. Prieto, J. Simal-Gandara

Análisis de riesgo como herramienta para la implementación de programas de bioseguridad en laboratorios de producción de postlarvas de camarón *Penaeus vannamei*

Ramón Zambrano Mero

Variación de la calidad de agua en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador

Johnny M. Delgado Mera, Roberto Retamales, Luz Marina Soto Quintana, Rodolfo Patricio Panta Vélez,

Vanessa Acosta de Matheus, Carlos L. López Lozada.

Composición química y biotoxicidad del alga roja *Kappaphycus alvarezii* Doty (Solieriaceae)

D'Armas H^{1,2}, Neyra M², Segnini M³, Leonor L³, Barrios J³

¹Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro, Provincia de Guayas, Ecuador. | ²Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela. | ³Departamento de Biología Marina, Instituto Oceanográfico de Venezuela, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela.

✉ haydelba@yahoo.com

RESUMEN

Se realizó un estudio fitoquímico y de bioactividad a los extractos en cloroformo, acetato de etilo y metanol del alga *Kappaphycus alvarezii* Doty, recolectada en la Isla de Cubagua, Venezuela. Los valores de CL50 en el bioensayo realizado con todos los extractos obtenidos, mostraron toxicidad ante larvas del crustáceo *Artemia salina* (CL50 <300 µg.ml⁻¹). Mediante cromatografías en columna y capa fina preparativa, se fraccionaron continuamente los extractos en cloroformo y en acetato de etilo, analizándose algunas sub-fracciones obtenidas mediante CG-EM e identificándose algunos de sus constituyentes por sus patrones de fragmentación y comparación de sus espectros de masas con los existentes en la base de datos. Encontrándose que la fracción A2 proveniente del extracto en acetato de etilo presentó como componentes mayoritarios al ácido hexadecanoico, dibutilftalato y el compuesto esteroideal colestano; además de 2,6-diter-butilciclohexa-2,5-dieno-1,4-diona; 6,10,14-trimetil-2-pentadecanona; ácido 2- fenilacético y 1-(1-propoxi) propano. Mientras que la fracción FD del extracto en cloroformo exhibió a los ácidos grasos saturados palmítico, esteárico y mirístico, como componentes abundantes; y en menor proporción a la 3-etil-4-metil-1H-pirrol-2,5-diona. En la fracción EM7 proveniente del fraccionamiento del extracto metanólico, se logró identificar al ácido octadecanoico a través de RMN uni y bidimensional y en la fracción FG del extracto en cloroformo, se caracterizó al 1-fenilbutan-1-ol, mediante esta misma técnica. Los distintos metabolitos secundarios identificados constituyen el primer reporte para *K. alvarezii* y posiblemente sean los responsables de la bioactividad in vitro observada. Se puede inferir que esta alga roja es una fuente promisoriosa de compuestos bioactivos.

Palabras clave: *Artemia salina*, fitoquímica, *Kappaphycus alvarezii*, metabolitos secundarios, toxicidad.

INTRODUCCIÓN

Los organismos marinos se han revelado como una fuente importante de sustancias bioactivas, de gran valor para el tratamiento de numerosas enfermedades por sus propiedades terapéuticas (antivirales, antiinflamatorias, antioxidantes, antibióticas, entre otras). Dentro de ellos, se encuentran las algas de agua dulce y marinas, las cuales han desarrollado estrategias de defensa que dan lugar a un nivel significativo de diferentes estructuras químicas, de diversas rutas metabólicas (Puglisi *et al.*, 2004, Barros *et al.*, 2005). Encontrándose grupos de metabolitos como: diterpenos, eicosanoides, lectinas, esteroides y alcaloides (Lenis *et al.*, 2007). La biodiversidad de las especies de algas marinas, junto a la diversidad química encontrada en cada especie, constituye un recurso prácticamente ilimitado que puede ser utilizado de forma beneficiosa, para el desarrollo de biofármacos antitumorales, antivirales y antibióticos (Valdés *et al.*, 2003).

En relación con bioproductos provenientes de algas, las tendencias recientes en la investigación de las drogas procedentes de fuentes naturales, sugieren que las algas son un grupo prometedor para suministrar nuevas sustancias bioquímicamente activas (Mayer y Hamann, 2004; Mayer y Hamann, 2005; Singh *et al.*, 2003). Siendo numerosas las revisiones que señalan a las algas como uno de los principales productores de compuestos bioactivos (Faulkner, 2002), en algunos casos con estructuras moleculares no encontradas en otros organismos, con posibles usos antibacterianos, anticancerígenos, cardiotónicos, antivirales, antitumorales, antiinflamatorios y anticoagulantes, entre otros (Freile, 2001).

Cabe destacar, que son muy pocas las publicaciones científicas realizadas en Venezuela, en las que se hayan caracterizado metabolitos provenientes de algas marinas de costas venezolanas y determinado su actividad biológica, pudiendo así establecerse el mecanismo de acción de esos compuestos activos identificados. Entre los que se encuentra el estudio de la actividad antimicrobiana de macroalgas marinas del Oriente de Venezuela, concluyéndose que las tres especies de algas rojas *Gracilariopsis tenuifrons*, *Gelidium serrulatum* y *Kappaphycus alvarezii* producen metabolitos secundarios con actividad antimicrobiana (Brito y Crescente, 2009). Las especies de algas invasoras y comercialmente importantes, pertenecen a la familia Solieriaceae (Figura 1), *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex Silva (Gigartinales, Rhodophyta), es una de las carragenofitas cultivadas que ha tenido mayor éxito en mares tropicales, constituyendo la principal fuente mundial de materia prima para la producción de carragenina kappa-I (Estévez *et al.*, 2000).

Todos los trabajos de investigación existentes de *K. alvarezii*, hacen referencia a aspectos taxonómicos, biológicos, de cultivo, respecto a sus propiedades antioxidantes (Suresh *et al.*,

2007; Kanatt *et al.*, 2015) y antiinflamatoria (Ranganayaki *et al.*, 2014), así como estudios químicos enfocados a la identificación de los polisacáridos que presenta (Pereira *et al.*, 2007), principalmente en el aspecto económico de producción. Acerca de la identificación de algunos metabolitos secundarios, su caracterización, así como la determinación de la actividad biológica, solo se ha realizado una investigación, donde las muestras de *K alvarezii* provenían del estado Nueva Esparta (Venezuela), donde se identificaron el 5- octadeceno, el 1- octadeceno y el eicosiltriclorosilano entre otros; determinándose además la actividad antibacteriana (Brito y Crescente, 2009). Además, en otro estudio realizado por Prabha *et al.* (2013) a esta alga marina recolectada en la región Mandabam (India), se caracterizaron algunos compuestos bioactivos en extractos de tres solventes distintos con sensibilidad antimicrobiana.

Una evaluación del potencial letal o tóxico, y la caracterización química de sus metabolitos secundarios, aporta información científica relevante y abre la posibilidad de concretar investigaciones en biotecnología marina, con aplicaciones en la industria farmacéutica y nutracéutica

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de la muestra

Kappaphycus alvarezii (Doty) Doty ex Silva (Gigartinales, Rhodophyta) fue recolectada en las aguas costeras de Cubagua, municipio Tubores, estado Nueva Esparta, Venezuela, a 10°50'23" N y 64°05'08" W, por el Prof. Jorge Barrios del Instituto Oceanográfico de Venezuela (I.O.V.), quién realizó también la identificación taxonómica. Fue almacenada en una cava con hielo y trasladada al Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos, para su respectivo análisis. La cantidad de muestra algal total de los muestreos fue de 5 Kg, aproximadamente, en masa húmeda.

Obtención de los extractos del alga

El material vegetal recolectado fue lavado varias veces con abundante agua destilada, se deshidrató a temperatura ambiente y a la sombra durante un período de 5 días. Luego, se procedió a pulverizarla en un molino eléctrico y se pesó la muestra en una balanza analítica. Los diferentes metabolitos secundarios o principios activos se extrajeron exhaustivamente con éter de petróleo, por espacio de 72 horas; posteriormente, se separó el filtrado y el residuo se maceró o volvió a re-extraer sucesivamente con solventes más polares de polaridad creciente (cloroformo, acetato de etilo y metanol), siguiendo el proceso de extracción anteriormente señalado. Cada uno de los filtrados se combinaron y fueron concentrados a presión reducida en

un rotaevaporador Hildolph a una temperatura menor de 45°C, obteniéndose los extractos crudos en los distintos solventes, se pesaron y almacenaron bajo refrigeración para análisis posteriores.

Actividad tóxica contra *Artemia salina*

Se preparó una solución de 10 000 µg/ml del extracto, en una mezcla H₂O/DMSO según la solubilidad de éste y, a partir de ésta, se prepararon soluciones de 1 000 - 0,01 µg/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 de haber montado dicho ensayo. Los datos obtenidos se utilizaron para calcular la concentración letal media de los extractos y fracciones ensayadas, mediante la aplicación del software LC50 V2.5 diseñado para tal fin, que considera los análisis estadísticos computarizados (Probit, Binomial, Logit y Moving Average) con límites de confianza de 95 % (Stephan, 1977; Meyer *et al.*, 1982).

Fraccionamiento del extracto más letal o tóxico

Para el aislamiento de los metabolitos secundarios, provenientes de los extractos del alga, se llevó a cabo el respectivo fraccionamiento, mediante las técnicas Cromatográficas de Columna (con sílica gel 75 mesh a una proporción m/m sílica: muestra de 1:30 y mezclas de solventes de distintas polaridades, según fuese el caso) y Capa Fina Preparativa (en placas de vidrio de 20x20 cm² recubiertas con sílica gel 60 mesh, con un espesor de 0,5 mm, y mezclas de solventes en diferentes proporciones como fases móviles).

Cromatografía de gases- espectrometría de masas (CG-EM)

Distintas fracciones de los extractos del alga *K. alvarezii*, fueron analizadas por esta técnica. La cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas se realizó en un equipo marca VARIAN modelo Saturno 2000, con una fuente de ionización por impacto electrónico (70 eV) y un detector de trampa de iones. Se utilizó una columna de CP-SIL-8CB-MS de 30 m x 0,25 D.I y helio (He) como gas de arrastre. La temperatura del inyector fue de 280°C, la temperatura inicial del horno fue de 100 °C con una rapidez de calentamiento de 5 °C por minuto, hasta llegar a una temperatura final de 295°C. Posteriormente, la identificación de los componentes se realizó por comparación computarizada con las librerías WILEY y NIST.

Espectroscopia de RMN

Los metabolitos aislados y/o fracciones obtenidas fueron analizados en un equipo de RMN marca Bruker AVANCE de 400 MHz de la Universidad Simón Bolívar (USB), así como también en el equipo de RMN marca Bruker AVANCE de 300 MHz perteneciente al Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC). Para la obtención de estos espectros, las muestras fueron disueltas en un solvente deuterado y colocadas en un tubo de resonancia, el cual se introdujo en el equipo de RMN. Los desplazamientos químicos (δ) obtenidos en los espectros de ^1H y ^{13}C , se reportaron en ppm relativo a un estándar interno de tetrametilsilano (TMS). También, se empleó el experimento Distortionless Enhancement through Polarization Transfer (DEPT).


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actividad tóxica de *K. alvarezii* frente al crustáceo *Artemia salina*

Las concentraciones letales media (CL_{50}) de los extractos del alga *K. alvarezii* frente a *Artemia salina*, luego de 24 y 48 horas de exposición, se muestran en la Tabla 1. Al haber transcurrido las primeras 24 horas ya se observaba un efecto tóxico de los extractos del alga en las larvas. El resultado de mortalidad de las larvas significa la existencia de grupos de compuestos potencialmente activos. El CL_{50} obtenido para el extracto en acetato de etilo de ($6,85 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$), permite posicionarlo como un blanco para posteriores estudios farmacológicos con los cuales se puedan aprovechar las propiedades terapéuticas que se le adjudican a *K. alvarezii*. Un extracto o sustancia es considerada potencialmente útil como citotóxico, cuando su CL_{50} es $\leq 30 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ (Meyer *et al.*, 1982), aunque un $\text{CL}_{50} < 1\ 000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ se considera significativo o no despreciable. Cabe mencionar que el bioensayo basado en nauplios de *A. salina* presenta una correlación positiva con la citotoxicidad frente a las células 9KB (carcinoma nasofaríngeo humano) y la línea celular 3PS (P388) (leucemia *in vivo*) (McLaughlin *et al.*, 1998). También se ha empleado este ensayo con éxito en la búsqueda de compuestos citotóxicos del tipo de las acetogeninas (Amaro *et al.*, 2009).

Por otro lado, el extracto en cloroformo presentó el mayor CL_{50} a las 48 horas ($461,82 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$); esta concentración letal media es baja en comparación con la que exhibió el de acetato de etilo. Considerando el efecto tóxico de todos los extractos ante el crustáceo y analizando los valores de CL_{50} obtenidos, se puede inferir que todos son significativos y posiblemente letales o tóxicos, debido a que están en el rango de $100\text{-}1\ 000 \mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$.

Tabla 1. Actividad biotóxica de los extractos crudos de *K. alvarezii* contra *A. salina*.

Crustáceo	Extracto	CL ₅₀ (µg·ml ⁻¹)		
		24 horas	48 horas	Intervalo de confianza 95%
	EC	945,23	461,82	100-1000
	EAE	784,15	6,85	0,10-1000
	EM	816,30	152,88	96,6-253,73

EEP: Extracto en éter de petróleo, EC: Extracto en cloroformo,

EAE: Extracto en acetato de etilo, EM: Extracto en metanol.

De acuerdo a los resultados obtenidos del efecto de toxicidad de los extractos de *K. alvarezii* frente a éste crustáceo, se pudo comprobar que es un ensayo general de amplio uso que determina el efecto letal de los extractos en las larvas de *A. salina* y así predecir un efecto potencial primario de los compuestos químicos, presentes en los extractos. Pudiendo dar inicio a estudios posteriores en líneas celulares cancerígenas en cultivos de tejidos, efecto insecticida o pesticida y ejercer un amplio rango de actividades farmacológicas (Parra *et al.*, 2001; Pino, y Lazo, (2010).

Caracterización estructural

La fracción D, reveló una concentración letal media, considerablemente alta, en el bioensayo de toxicidad realizado, con un CL₅₀ de 24,91 µg.ml⁻¹, después de 24 horas de exponer las larvas de *A. salina* ante esta fracción (CL₅₀ de 4,38 µg.ml⁻¹, a las 48 horas). Debido a su actividad tóxica y a que la CCF mostró dos manchas con R_f definidos, esta fracción fue seleccionada para ser analizada por CG-EM.

El cromatograma de la fracción D evidenció que se trataba mayormente de una mezcla de seis compuestos, entre los cuales se logró identificar los que estaban presentes en mayor abundancia, siendo éstos: 3-etil-4-metil-1*H*-pirrole-2,5- diona (I) y los ácidos tetradecanoico (II), hexadecanoico (III) y octadecanoico (IV), a los tiempos de retención que se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Compuestos identificados en la fracción D mediante CG-EM.

Pico	Tr(min)	M	Compuesto	Grupo Químico	Fórmula molecular
I	7,60	139	3-etil-4-metil-1 <i>H</i> -pirrole-2,5-diona	Cetona	C ₇ H ₉ NO ₂
II	12,99	228	Ácido tetradecanoico	Ácido graso	C ₁₄ H ₂₈ O ₂
III	15,12	256	Ácido hexadecanoico	Ácido graso	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
IV	16,39	284	Ácido octadecanoico	Ácido graso	C ₁₈ H ₃₆ O ₂

El espectro de masas del metabolito, 3-etil-4-metil-1H-pirrole-2,5-diona, de la fracción D (Tr =7,60 minutos), desplegó un ión molecular a m/z 139 $[M^+]$, y los fragmentos correspondientes a los picos de los iones más abundantes a m/z 124 y 53. El espectro de masas del ácido tetradecanoico, de la fracción D (Tr= 12,986), exhibió un ión molecular a m/z 228 $[M^+]$, y los fragmentos correspondientes a los picos de los iones más abundantes a m/z 185, 129, y 73 (pico base).

El tercer pico observado en el cromatograma, que aparece en mayor abundancia respecto a todos los compuestos identificados en la fracción D, a un tiempo de retención de 15,12 minutos, corresponde al ácido hexadecanoico (III). El espectro de masas de este compuesto mostró un ión molecular a m/z 256 $[M^+]$, el cual corresponde a la fórmula molecular $C_{16}H_{32}O_2$ y los picos correspondientes a los iones más abundantes se observaron a m/z 227 $[M^+-C_2H_5]$, 213 $[M^+-C_3H_7]$, 199 $[M^+-C_4H_9]$, 185 $[M^+-C_5H_{11}]$, 71 $[M^+-C_6H_{13}]$, 157 $[M^+-C_7H_{15}]$, 143 $[M^+-C_8H_{17}]$, 129 $[M^+-C_9H_{19}]$, 115 $[M^+-C_{10}H_{21}]$, 97 $[M^+-C_{10}H_{23}O]$, 83 $[M^+-C_{11}H_{25}O]$, 73 $[M^+-C_{13}H_{27}]$ (pico base), 57 $[M^+-C_{12}H_{23}O_2]$ y 43 $[M^+-C_{13}H_{25}O_2]$.

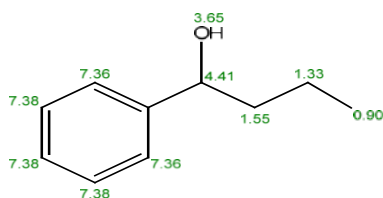
Un estudio realizado a tres algas rojas, de diferentes órdenes, determinó que las especies de distintos órdenes presentaban patrones similares de ácidos grasos, con cuatro ácidos dominantes: palmítico, oleico, araquidónico y eicosapentanoico (Lenis *et al.*, 2007). Estos resultados están en concordancia con los obtenidos en este estudio, debido a que entre los ácidos grasos identificados en *K. alvarezii*, perteneciente al orden Gigartinales, se identificaron por medio de CG-EM, la presencia de los ácidos palmítico, mirístico y esteárico, resultando los dos primeros los más abundantes.

La subfracción G2 (sólido blanco) fue analizada resonancia magnética nuclear de protón, a campo alto se observan cinco señales, la primera a δ_H 0,86 ppm, la cual integra para tres protones, visualizándose como un triplete, correspondiente a un metilo terminal, que probablemente se encuentra enlazado a un metileno, el segundo desplazamiento químico se encuentra en δ_H 1,24 ppm, la cual integra para dos protones, asignables a un metileno; la tercera señal aparece a δ_H 1,53 ppm, integrando para dos protones asignables a un metileno unido a un C-H (metínico), como cuarta señal se observó a δ_H 3,84 ppm un singlete correspondiente a un protón unido a un carbón oxigenado, a δ_H 4,42 ppm está presente la señal de un protón anomérico, correspondiente al carbono unido al grupo hidroxilo. La señal de los protones aromáticos se considera que esta superpuesta con la señal del solvente (cloroformo deuterado) a campo bajo de (δ_H 7,15- δ_H 7,30) ppm. En la Tabla 3 se detallan cada una de las señales del espectro de RMN- 1H .

Tabla 3. Desplazamientos químicos (δ_H) de la subfracción G2 y sus respectivas señales

Asignación	Multiplicidad	δ_H (ppm)	Asignación
H ₁₁	Triplete (t)	0,86	-CH ₃
H ₁₀	Multiplete (m)	1,24	-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃ -
H ₉	Cuarteto (q)	1,53	CH-CH ₂ -CH ₂
H ₈	Singulete (s)	3,84	-OH
H ₇	Triplete (t)	4,42	CH-OH
H ₁ -H ₆	Singulete (s)	7,15 - 7,30	Ar-H

En la Figura 1 se muestran los diferentes desplazamientos químicos δ_H teóricos para una estructura similar, según el programa predictor del ChemBioDraw, los cuales fueron comparados con los datos experimentales del RMN-¹H de la subfracción G₂. Resultando varias señales con δ_H muy parecidas, reiterando la estructura propuesta para dicha subfracción.

**Figura 1.** Posible estructura propuesta para G₂, indicando δ_H teóricos

El cromatograma de gases de la fracción A₂ presentó cuatro constituyentes en mayor proporción: el dibutilftalato (VI), el ácido hexadecanoico (V), el 1-(1-propoxietoxi)propano (II) y el colestano (VII), los cuales fueron observados a tiempos de retención de 19,10; 14,90; 9,34 y 22,92 min, respectivamente (Tabla 4). El espectro de masas del compuesto I mostró un ión molecular a m/z 136 [M^+], el cual corresponde a la fórmula molecular C₈H₈O₂. Los picos correspondientes a los iones más abundantes se observaron a m/z 91 (pico base), 65 y 39.

Tabla 4. Compuestos identificados en la fracción A₂ mediante CG-EM.

Pico	Tr(min)	M+	Compuesto	Grupo Químico	Fórmula
I	7,74	136	Ácido 2-fenilacético	Ácido carboxílico	C ₈ H ₈ O ₂
II	9,34	146	1-(1-propoxietoxi)propano	Alcano	C ₈ H ₁₈ O ₂
III	10,19	220	dieno-1,4-diona	Cetona aromática	C ₁₄ H ₂₀ O ₂
IV	13,75	268	6,10,14-trimetil-2-pentadecanona	Cetona alifática	C ₁₈ H ₃₆ O
V	14,90	256	Ácido hexadecanoico	Ácido graso	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
VI	19,10	278	Dibutilftalato	Éster aromático	C ₁₆ H ₂₂ O ₄
VII	22,92	372	Colestano	Esterol	C ₂₇ H ₄₈

El compuesto identificado con el número dos (II) fue uno de los que se encontraba en mayor proporción en la fracción A2 y por consiguiente uno de los más abundantes en la mezcla, y tuvo relación con el 1-(1-propoxietoxi) propano, el cual se detectó con un tiempo de retención de 9,34 min y no evidenció el ión molecular correspondiente a m/z 146[M+], en el respectivo espectro de masas. A un tiempo de retención de 13,76 minutos, apareció la 6,10,14-trimetil-2-pentadecanona, encontrada en mayor proporción en la fracción A2. El espectro de masas de este compuesto, desplegó un ión molecular a m/z 250 [M+], y los fragmentos correspondientes a los picos de los iones más abundantes a m/z 210, 165 y 43 (pico base).

Este metabolito, también conocido como hexahidrofarnesil acetona, ha sido reportado en diversas especies de plantas tales como: la fracción hexánica de las hojas de *Ludwigia octovalvis*, la cual presenta actividad tóxica contra *Artemia salina*, antibacteriana contra *S. aureus* y citotóxica en huevos de erizo de mar *Lytechinus variegatus* (Noguera, 2007).

A un tiempo de retención de 22,93 minutos, apareció el esteroles colestanos, uno de los compuestos mayoritarios de la fracción A₂. Pudiendo observarse el pico característico del ión molecular en el correspondiente espectro de masas. Los otros fragmentos significativos se observaron a m/z 357 [M-CH₃]⁺, 315 [M-C₄H₉]⁺, 217 [M-C₁₁H₂₃]⁺, 149 [M-C₁₆H₃₁]⁺, 109 [M-C₁₉H₃₅]⁺ y 43 [M-C₂₄H₄₁]⁺, los mismos indicaron la presencia de un sistema esteroles, grupo químico detectado en el análisis químico preliminar del EAE (prueba positiva para esteroles).

La fracción EM₇, analizada a través de resonancia magnética de protón (RMN- ¹H), del extracto metanólico, mostró la presencia a campo alto de un triplete con un desplazamiento químico de δ_H 0,89 ppm, correspondiente a un (-CH₃) terminal, unido a un metileno (H₁₇) que integra para tres hidrógenos. A campo menos alto, apareció un multiplete (H₃), asignado a protones de metilenos más desapantallados con un desplazamiento de δ_H 1,59 ppm. Además, en la misma zona alifática, se evidenció a δ_H 1,23-1,31 ppm, un multiplete (H₉-H₄) bastante intenso; en el mismo rango de estos metilenos, se considera que se encuentra superpuesta la señal del H₁₂, que sale a 1,29 ppm, debido a que se encuentra menos apantallado por la cercanía al oxígeno (Tabla 5).

Tabla 5. Desplazamientos químicos (δ_H) de la subfracción EM₇ y sus respectivas señales.

Posición	Multiplicidad	δ_H (ppm)	Asignación
H ₁₈	Triplete (t)	0,86	-CH ₃
H ₄ -H ₁₇	Multiplete (m)	1,23	-CH ₂ -CH ₂ -CH ₃ -
H ₃	Multiplete (m)	1,59	CH ₂ -CH ₂ -COO.
H ₂	Triplete (t)	2,33	CH ₂ -COO.

Mediante el experimento DEPT- 135°, se pudieron establecer los diferentes tipos de carbonos presentes en la estructura, resultando la existencia de un carbono metílico (C₁₈) y un átomo de carbono cuaternario correspondiente al del grupo carboxilo (C₁). Según el análisis combinado de los espectros RMN-¹H, RMN-¹³C y DEPT 135°, concretamente, debido a los desplazamientos químicos y las multiplicidades en el caso de RMN ¹H, se pudo determinar que el compuesto que conforma la fracción EM₇, es el ácido octadecanoico (Figura 2), el cual ya fue identificado por CG-EM en la fracción D, perteneciente al extracto soluble en cloroformo, junto con otros metabolitos; sin embargo, se logró aislar en el extracto metanólico y caracterizar estructuralmente. Este hecho evidencia nuevamente la abundancia de los ácidos grasos en las algas rojas.

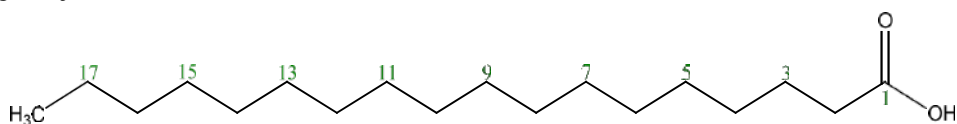


Figura 2. Estructura del compuesto (ácido octadecanoico) de la fracción EM₇.

CONCLUSIONES

Los extractos de metanol, acetato de etilo y cloroformo de *K. alvarezii* y algunas de sus fracciones cromatográficas mostraron actividad biológica significativa; en tal sentido se podría decir que los distintos metabolitos identificados posiblemente sean los responsables de la bioactividad *in vitro* observada en los nauplios de *A. salina*. Además, constituyen una fuente promisoriosa de compuestos bioactivos con posible actividad antitumoral.

Todos los componentes químicos identificados en los extractos del alga, constituyen el primer reporte de los mismos para *K. alvarezii*, tanto en Venezuela como en otras latitudes.

REFERENCIAS

- Amaro, M., Monasterios, M., Avendaño, M., y Charris, J. (2009). Preliminary evaluation of the toxicity of some synthetic furan derivatives in two cell lines and *Artemia salina*. *J Appl Toxicol*, 29 (1):36-41.
- Barros, M., Pinto, E., Sigaud-Kutner T., Cardozo, K., y Colepicolo, P. (2005). Rhythmicity and oxidative/nitrosative stress in algae. *Biological Rhythm Research*, 36:67-82.
- Brito, L., y Crescente, O. (2009). Actividad antimicrobiana de macroalgas marinas del oriente de Venezuela. *Boletín del Instituto Oceanográfico de Venezuela*, 48 (1):29- 33.
- Estévez, J., Ciancia, M., y Cerezo, A. (2000). The system of low molecular weight carrageenan and

- agaroids from the room temperatured extracted fraction of *Kappaphycus alvarezii*. *Carbohydrate Research*, 325:287-299.
- Faulkner, D. (2002). Marine natural products: metabolites of marine algae and herbivorous marine molluscs. *Natural Products Reports*, 19:1-48.
- Freile, Y. (2001). Algas en la "Botica". *Avance y Perspectiva*, 20:283-293.
- Kanatt, S., Lahare, P., Chawla, S., y Sharma, A. (2015). *Kappaphycus alvarezii*: its antioxidant potential and use in bioactive packaging films. *J Microbiol Biotech Food Sci.*, 5 (1):1-6.
- Lenis, L., Benítez, R., Peña, E., y Trujillo, D. (2007). Extracción, separación y elucidación estructural de dos metabolitos secundarios del alga marina *Bostrychia calliptera*. *Scientia Et Technica*, 13:97-102.
- Mayer, A., y Hamann, M. (2004). Marine pharmacology in 2000: marine compounds with antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune, and nervous system and other miscellaneous mechanisms of action. *Journal of Marine Biotechnology*, 6:37-52.
- Mayer, A., y Hamann, M. (2005). Marine pharmacology in 2001-2002: marine compounds with anthelmintic, antibacterial, anticoagulant, antidiabetic, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities; affecting the cardiovascular, immune and nervous systems and other miscellaneous mechanisms of action. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology and Pharmacology*, 140:265-286.
- Meyer, B., Ferrigni, N., Putnam, J., Jacobsen, L., Nichols, D., y McLaughlin, J. (1982). Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Médica*, 45(1):31-34.
- McLaughlin, J., Lingling, L., y Anderson, J. (1998). The use of biological assays to evaluate botanicals. *Drug Information J.*, 32:513-524.
- Noguera, T. (2007). Aislamiento, elucidación estructural y posible bioactividad de algunos de los metabolitos secundarios de la planta *Ludwigia octovalvis* (Onagraceae). Trabajo de pregrado, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Parra, L., Silva, Y., Iglesias, B., y Guerra, S. (2001). Comparative study of the assay of *Artemia salina* L. and the estimate of the medium lethal dose (LD₅₀ value) in mice, to determine oral acute toxicity of plant extracts. *Phytomedicine*, 8(5):395-400.
- Pereira, L., Amado, A., Critchley, A., Velde, F., y Ribeiro, P. (2009). Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR- ATR and FT-Raman). *Food Hydrocolloids*, 23:1903-1909.
- Pino, O., y Lazo, J. (2010). Ensayo de *Artemia*: útil herramienta de trabajo para ecotoxicólogos y químicos de productos naturales. *Revista de Protección Vegetal*, 22 (1):35-36.
- Prabha, V., Prakash, D. y Sudha, P. (2013). Analysis of bioactive compounds and antimicrobial activity of marine algae *Kappaphycus alvarezii* using three solvent extracts. *IJPSR*, 4 (1):306-310.
- Puglisi, M., Tan, L., Jensen, P., y Fenical, W. (2004). Capisterones A and B from the tropical green alga

Penicillus capitatus: unexpected anti-fungal defenses targeting the marine pathogen *Lindra thalassiae*. *Tetrahedron*, 60:7035-7039.

Ranganayaki, P., Susmitha, S., y Vijayaraghavan, R. (2014). Study on metabolic compounds of *Kappaphycus alvarezii* and its *in-vitro* analysis of anti-inflammatory activity. *Int. J. Curr. Res. Aca. Res.*, 2 (10):157-166.

Singh, S., Kate, B., y Banerjee, U. (2005). Bioactive compounds from cyanobacteria and microalgae: an overview. *Critical Reviews in Biotechnology*, 25:73-95.

Stephan, C.E. (1977). Methods for calculating an LC_{50} . In: Mayer FL, Hamelink J. (Editors). *Aquatic Toxicology and Hazard Evaluation: ASTM STP 634*. Philadelphia: American Society for Testing and Material.

Suresh, K., Ganesan, K., y Subba, R. (2007). Antioxidant potential of solvent extracts of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty – an edible seaweed. *Food Chemistry*, 107:289-295.

Valdés, O., Díaz, N., Cabranes, Y., Acevedo, M., Areces, A., Graña, L., y Díaz, C. (2003). Macroalgas de la plataforma insular cubana como fuente de extractos bioactivos. *Avicennia*, 16:36-45.

Composición lipídica del tejido muscular de algunas especies de peces marinos recolectados en aguas venezolanas

D'Armas H^{1,2}., Mendoza A²., Ranaudo M³., Lemus M²

¹Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Estatal de Milagro, Provincia de Guayas, Ecuador. | ²Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, estado Sucre, Venezuela. | ³Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Distrito Federal, Venezuela.

✉ haydelba@yahoo.com

RESUMEN

Se evaluó el contenido lipídico del tejido muscular de los peces cherechere (*Haemulon steindachneri*), corocoro (*Orthopristis ruber*), cují (*Haemulon striatum*), cataco (*Trachurus lathami*), cojinúa (*Caranx crysos*) y mojarra (*Eugerres plumieri*), provenientes de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre, Venezuela. Para los lípidos totales, determinados por gravimetría, su concentración fluctuó entre 0,530 y 1,50%, y la especie *O. ruber* arrojó el mayor contenido lipídico. Las proteínas fluctuaron entre 13,9 y 21,4%, donde *H. striatum* y *H. steindachneri* fueron las especies con menor y mayor contenido proteico, respectivamente. Los carbohidratos oscilaron entre 45,3 y 52,1%, registrándose los valores más bajos para el *H. steindachneri*; el contenido de humedad varió entre 15,2% para *H. striatum* y 20,1% para *T. lathami*, y para el de cenizas entre 0,91% para *H. steindachneri* y 1,4% para los peces *E. plumieri* y *C. crysos*. Según la cromatografía de capa fina con detector de ionización a la llama (TLC/FID), los lípidos de los peces estudiados fueron en su mayoría fosfolípidos (66,1 y 90,8 %) y en menor grado triacilgliceroles (6,8 y 34,0 %). En la identificación de ácidos grasos por cromatografía de gas-líquido (CG-L), para las especies de *O. ruber*, *T. lathami* y *H. steindachneri*, se determinó que el mayor porcentaje de ácidos grasos corresponde a los saturados con un 69, 75 y 73%, respectivamente, siendo los ácidos mirístico (14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0) los más abundantes; y, en menor proporción, los ácidos grasos poliinsaturados: los ácidos linoléico (ALA, 18:3 ω -3), eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3). De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda promover el consumo de estas especies en el país, ya que la mayoría de los organismos acuáticos poseen un gran valor nutricional y aportan grandes beneficios a la salud de la población.

Palabras clave: ácidos grasos, composición proximal, CG-L, lípidos, peces marinos, TLC/FID.

INTRODUCCIÓN

Los lípidos que se encuentran en los peces presentan las grasas más insaturadas del reino animal. Son fuente importante y casi única de ácidos grasos poliinsaturados (AGP) de cadena larga de la familia ω -3, debido a la gran cantidad de estos ácidos grasos que tienen las algas marinas y *plancton* que consumen los peces. Los ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA), característicos de la grasa del pescado, son precursores de sustancias con una importante acción antitrombótica y antiinflamatoria y, por tanto, con repercusión positiva en enfermedades cardiovasculares (Vázquez *et al.* 2005).

La localidad donde se focaliza esta investigación, es la de Guayacán, Península de Araya, estado Sucre (Venezuela) donde los ecosistemas costeros brindan una combinación de un ambiente xerófilo al frente del mar Caribe, con un complejo lagunar espectacular. El ecosistema costero de Guayacán, representa un importante recurso natural del estado Sucre, principalmente, para las actividades pesqueras.

A la especie cataco (*Trachurus lathami*), se le determinó la composición química (porcentaje de grasas, proteínas, humedad y ceniza) y su variación estacional, obteniéndose que durante la primera mitad del año, el cataco puede ser considerado como un pez magro y en la segunda mitad considerado como un pez graso, esto porque el valor más elevado de humedad se consigue a principio año y, a su vez, el menor valor de grasa (Carpio, 1976). En otra investigación se caracterizaron y se cuantificaron los diferentes tipos de lípidos presentes en la especie marao (*Tylosurus crocodrilos*), reportándose la presencia de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), primordialmente los ácidos eicosapentanoico (EPA) y docosahexanoico (DHA) (Villarroel, 1997).

Hoy en día, los análisis de la composición química de especies marinas que pueden ser consumidas por el hombre tienen gran importancia para la humanidad, ya que ese tipo de estudio permite conocer las propiedades alimenticias y energéticas que presentan estos organismos, suministrando información valiosa tanto en lo referente a la nutrición como a la salud de los seres humanos, ya que se ha determinado una estrecha relación entre los lípidos y ciertas enfermedades cardiovasculares, cerebrovasculares, obesidad, entre otras.

En Venezuela, específicamente en el estado Sucre y en especial la zona de Guayacán, son muy pocos los trabajos realizados en el área de lípidos. En este caso, se estudiaron seis especies de peces marinos de esta localidad. Los datos que se obtuvieron a través del estudio realizado arrojaron una información nutricional importante para todos aquellos habitantes que consumen dichas especies y la población en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Las seis especies marinas, *Haemulon steindachneri*, *Orthopristis ruber*, *Haemulon striatum*, *Trachurus lathami*, *Caranx crysos* y *Eugerres plumieri*, se recolectaron cerca de la población de Guayacán, ubicada en la península de Araya (Municipio Cruz Salmerón Acosta), a 10°40'23'' N y 63°50'31'' O, estado Sucre. Se seleccionaron 12 peces de cada especie y éstos se congelaron y se trasladaron al laboratorio de Productos Naturales y Lípidos de la Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, para sus análisis posteriores.

Extracción de lípidos y determinación de parámetros proximales

Los lípidos fueron extraídos con una mezcla de cloroformo: metanol (2:1 V/V) y su masa obtenida por gravimetría; el método para humedad se basó en el secado de una muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo; las cenizas se obtuvieron por calcinación de la muestra e indicó el contenido de minerales o material inorgánico en la misma; el análisis de proteínas se efectuó mediante el método de Biuret (Alemany y Font, 1982), y los carbohidratos se determinaron por diferencia según las recomendaciones de la AOAC (2019), a partir de los resultados obtenidos en las determinaciones de lípidos o grasa, cenizas, proteína y humedad.

Lípidos y ácidos grasos

Los lípidos totales extraídos de cada una de las muestras de peces en estudio, se caracterizaron y cuantificaron por cromatografía de capa fina automatizada acoplada a un detector de ionización de llama (TLC-FID), sistema Iatroscan (Ackman, 1982). La composición porcentual de los ácidos grasos en los extractos de lípidos se determinó como sus ésteres metílicos usando la técnica de cromatografía de gas-líquido (CG-L).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición proximal

Los distintos valores obtenidos para los parámetros en el análisis proximal del tejido muscular de las especies marinas, se expresan a continuación en la Tabla 1. La composición proximal está constituida por los porcentajes totales de lípidos, proteínas y carbohidratos, así como humedad y cenizas, los cuales fueron necesarios para determinar el contenido energético total presente en las especies estudiadas.

La especie con mayor contenido energético es *C. crysos* con un 86,2%, y la de menor *H. striatum* con 83,5%, teniendo una diferencia entre ambas de 2,7%. No obstante, se puede resaltar en los porcentajes de proteínas y carbohidratos totales, que para la especie *C. crysos*, se obtuvo un porcentaje de 13,9 y 52,1, respectivamente, y para *H. striatum*, un 18,4 y 47,8 %. Al comparar ambos resultados, se puede observar que para ambas especies los mismos muestran una relación proporcional, mientras una tiene el mayor contenido de proteína, la otra tiene el menor y viceversa.

Tabla 1. Porcentajes de lípidos totales, proteínas totales, carbohidratos totales, humedad y cenizas presentes en las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* recolectadas en la población de Guayacán estado Sucre.

Especies	Lípidos totales	Proteínas totales	Carbohidratos totales	Humedad	Cenizas (%)	Total
I	1,2	13,9	52,1	15,2	1,1	83,5
II	0,76	15,4	46,9	19,5	1,4	84,0
III	1,1	16,2	45,8	20,1	0,98	84,2
IV	1,5	15,7	47,3	18,8	0,95	84,3
V	1,3	21,4	45,3	17,1	0,91	86,0
VI	0,53	18,4	47,8	18,1	1,4	86,2

I: *H. striatum*, **II:** *E. plumieri*, **III:** *T. lathami*, **IV:** *O. ruber*, **V:** *H. steindachneri* y **VI:** *C. crysos*

Al comparar los resultados energéticos por familia de cada especie, se tiene que en el caso de la familia Haemulidae, formado por los peces *H. striatum*, *O. ruber* y *H. steindachneri*, el contenido energético varió entre 83,5 y 86,0 %, siendo la especie *H. steindachneri* la de mayor contenido, mientras que *H. striatum* fue el de menor contenido. Para la familia Carangidae, con *T. lathami* y *C. crysos*, el porcentaje es de 84,2 y 86,2, respectivamente, siendo *C. crysos* la que posee el mayor contenido de energético, tanto para esta familia como en general. Al observar estos resultados, se puede inferir que las familias Haemulidae, Carangidae y Gerreidae (*E. plumieri*), son de alto contenido energético ya que la diferencia para llegar al 100% es muy poca.

Los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción, y otras funciones fisiológicas son semejantes a aquellos requeridos por las especies terrestres; sin embargo, los peces necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas, como los carbohidratos que pueden venir desde fuentes marinas naturales o de dietas preparadas (Clawson, 1991).

En general, los peces utilizan mejor como fuente de energía, y consecuentemente de aminoácidos, los alimentos concentrados proteínicos de origen animal que aquellos de origen vegetal, por eso una de las diferencias nutritivas más sorprendentes, entre las aves, mamíferos y peces, es que la cantidad de energía requerida para sintetizar proteína es mucho menor en peces que en animales de sangre caliente, es por eso que en esta investigación el contenido de

carbohidratos de los peces en estudio es superior, ya que los peces de aguas templadas aprovechan más eficientemente los carbohidratos que los de aguas frías (Silva y Chamul, 2000).

Análisis de los lípidos por TLC/FID (Iatroscan)

El análisis de los extractos lipídicos de las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* se llevó a cabo por TLC/FID (Iatroscan) para la identificación y cuantificación de los distintos tipos de lípidos presentes en los mismos. La identificación de los lípidos se realizó por comparación de los tiempos de retención obtenidos con aquéllos de patrones comerciales, y los porcentajes de distribución se calcularon mediante el área del pico derivado del cromatograma. En todos los casos, se realizaron tres determinaciones, calculándose la media y la desviación estándar.

En la tabla 2, se puede observar claramente que los lípidos mayoritarios fueron los fosfolípidos, los cuales oscilaron entre 66,1 y 90,8 %, correspondiendo el valor mínimo y máximo al *O. ruber* y al *H. steindachneri* respectivamente. Seguidos en mayor concentración, se presentaron los triacilgliceroles (6,8 a 34,0%) y el colesterol (4,5%).

Al comparar estos resultados con investigaciones previas, realizada a la especie *Eucinostomus gula* (española o mojarrita), que se le analizó el hígado, tracto digestivo y tejido muscular, obteniéndose como resultado, que para el tejido muscular estos lípidos varían entre 10% para los triacilgliceroles y 62% en el caso de los fosfolípidos, siendo este el contenido de lípido mayoritario para esta especie, lo que concuerda con los resultados obtenidos (Patiño, 1998).

Tabla 2. Porcentajes promedio de los diferentes lípidos de los peces *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* recolectados en la población de Guayacán, estado Sucre, Venezuela.

Especie	FLP (X ± S)	AGL (X ± S)	COL (X ± S)	TAG (X ± S)	ESC (X ± S)
<i>C. crysos</i>	85,3 ± 0,9	0,8 ± 0,1	4,5 ± 0,3	6,8 ± 0,5	1,3 ± 0,1
<i>E. plumieri</i>	81,3 ± 0,5	1,0 ± 0,1	4,5 ± 0,1	7,1 ± 0,1	6,9 ± 0,1
<i>T. lathami</i>	76,8 ± 0,7	-	-	23,0 ± 0,7	-
<i>H. striatum</i>	68,3 ± 0,2	-	-	32,0 ± 0,2	-
<i>H. steindachneri</i>	90,8 ± 0,3	-	-	9,2 ± 0,3	-
<i>O. ruber</i>	66,1 ± 0,8	-	-	34,0 ± 0,8	-

FLP: Fosfolípidos; AGL: Ácidos grasos libres; COL: Colesterol; TAG: Triacilgliceroles; ESC: Ésteres de colesterol; X : Media; S: Desviación estándar, número de réplicas: 3

Actualmente, se visualiza a los fosfolípidos de origen marino como una fuente muy



interesante para aportar ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) omega-3, siendo varios los motivos que avalan esta afirmación; concentran principalmente EPA y DHA (cuando provienen de peces o mamíferos marinos). Son más estables al desarrollo de procesos oxidativos que los triglicéridos con composición equivalente de AGPI, por estas características son altamente valorados en el mercado de los alimentos funcionales y nutraceuticos (Valenzuela *et al*, 2014). Investigaciones han demostrado que los fosfolípidos marinos (FM) ricos en ácidos grasos omega-3 son beneficiosos para la salud. En la actualidad, su oferta es escasa, por lo que es necesario investigar productos y subproductos de la industria alimentaria para la extracción y caracterización de componentes lipídicos de alto valor nutricional (Torres, 2013).

Para explicar las concentraciones de ácidos grasos libres en las especies *C. crysos* y *E. plumieri*, es necesario exponer varias razones. La primera tiene que ver con los hábitos alimenticios de las especies, ya que las zonas donde fueron recolectadas presentan abundante vegetación, fitoplancton, microalgas, algas, zooplancton, entre otros. Por otra parte, los de fosfolípidos, en asociación con las proteínas y otros lípidos, forman parte de las lipoproteínas que constituyen la matriz de las paredes de las membranas celulares. Otra razón pueda ser que los fosfolípidos actúan, en algunos casos, como catalizadores de las oxidaciones biológicas, por lo cual favorecen la autoxidación que sufren los ácidos grasos encontrados en su estructura (Falch y Aursand, 2006).

Las altas concentraciones de triacilgliceroles en las muestras en estudio, posiblemente se debe a la síntesis de éstos a partir de los ácidos grasos que se sintetizan.

Análisis de los ácidos grasos

Los análisis de la composición química de ácidos grasos saturados (AGS), ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) y ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) en los lípidos totales para las seis especies de peces, arrojaron resultados presentados en las Tablas 3 a 5, respectivamente.

En la Tabla 3 se puede observar que las especies *H. steindachneri* y *T. lathami* contienen ácidos grasos saturados (AGS) en una proporción de 75 y 73%, respectivamente. El resultado para la especie *O. ruber* arrojó un porcentaje de ácidos grasos saturados de 69%.

Tabla 3. Composición porcentual de los ácidos grasos saturados en los lípidos totales de *O. ruber*, *H.*

steindachneri y *T. lathami*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>O. ruber</i>	<i>H. steindachneri</i>	<i>T. lathami</i>
C12:0	0,76	0,60	1,3
C13:0	ND	ND	ND
C14:0	8,6	5,2	6,3
C15:0	1,2	1,1	1,3
C16:0	37,0	44,0	41,0
C17:0	2,7	2,2	2,8
C18:0	17,0	20,0	18,0
C20:0	0,92	0,86	0,80
C21:0	0,16	ND	0,29
C22:0	ND	ND	ND
C23:0	ND	0,64	0,57
C24:0	0,27	0,50	0,40
TOTAL AGS	69	75	72

AGS: ácidos grasos saturados, ND: no detectado

El porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) resultó ser el más bajo en el caso de las tres especies, donde el máximo valor lo obtuvo *H. steindachneri* con un 3,62% y el valor mínimo fue para *T. lathami* con un 1,99%.

Es de notarse que las grasas saturadas más encontradas en animales y plantas que son: ácido mirístico (14:0), ácido palmítico (16:0) y el ácido esteárico (18:0), representan más del 80% de los ácidos grasos presentes en las especies *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, siendo el ácido palmítico (C16:0) el más abundante, con porcentajes entre 54 y 59 %. En este caso, la especie *H. steindachneri* fue la de mayor contenido de ácido palmítico (16:0) con un 59%.

Los factores bióticos y abióticos determinan la composición de ácidos grasos (AG) en los peces, información relevante por la asociación existente entre su consumo y los beneficios para la salud humana. Castro *et al* (2013) realizaron un estudio sobre el perfil de ácidos grasos de diversas especies de pescados consumidos en México encontrando que los mismos presentaron el diferente orden en la concentración de AG/AG poliinsaturados: (AGP)>AG saturados para *E. plumieri*, (AGS)>AG monoinsaturados (AGM) para *S. ocellatus* y *S. guachancho*, y para *E. entomelas*: AGS>AGP>AGM; mientras que tan solo *O. mossambicus* presentó AGS>AGM>AGP.

Los ácidos grasos monoinsaturados estuvieron presentes en mayor proporción en la especie *O. ruber* con un 27%, mientras que las especies *H. steindachneri* y *T. lathami*, mostraron concentraciones entre 21 y 26%. Sin embargo, el ácido oleico (18:1 ω-9) fue el predominante en las tres especies, que es famoso por sus efectos sobre la salud cardiovascular y hepática, aumenta el llamado colesterol bueno (HDL) y reduce el colesterol malo (LDL) en sangre, por lo

que ejerce una acción beneficiosa sobre el sistema vascular y el corazón, reduciendo así, el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares (Hibbeln, 2006).

Tabla 4. Composición porcentual de los ácidos grasos monoinsaturados en los lípidos totales de *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, provenientes de la zona de Guayacán, península de Araya, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>O. ruber</i>	<i>H. steindachneri</i>	<i>T. lathami</i>
C16:1 ω -7	0,28	4,6	6,7
C16:1 ω -9	0,78	0,45	0,61
C17:1 ω -8	0,44	0,28	0,38
C18:1 ω -5	0,23	0,10	0,14
C18:1 ω -7	5,6	4,3	4,4
C18:1 ω -9	15,0	10,0	11,0
C20:1 ω -7	0,11	ND	0,10
C20:1 ω -9	1,1	0,28	0,86
C20:1 ω -11	2,2	0,60	0,76
C22:1 ω -9	0,44	0,21	0,26
C22:1 ω -11	0,61	0,16	0,37
C24:1 ω -9	0,24	ND	0,28
TOTAL AGMI	27	21	26

AGMI: ácidos grasos monoinsaturados, ND: no detectado

Tabla 5. Composición porcentual de los ácidos grasos poliinsaturados en *O. ruber*, *H. steindachneri* y *T. lathami*, provenientes de Guayacán, estado Sucre.

Ácidos grasos	<i>O. ruber</i>	<i>H. steindachneri</i>	<i>T. lathami</i>
C18:2 ω -6	0,190	0,170	0,100
C18:3 ω -6	0,430	0,440	0,460
C18:3 ω -3	0,100	0,0300	0,100
C18:4 ω -3	0,110	0,200	0,140
C20:2 ω -6	0,130	0,100	ND
C20:3 ω -3	ND	ND	0,0300
C20:3 ω -6	0,120	0,100	0,110
C20:4 ω -6	ND	0,100	0,130
C20:5 ω -3	0,370	0,620	0,320
C21:4 ω -6	0,500	0,590	ND
C22:2 ω -6	1,10	ND	ND
C22:4 ω -6	ND	0,100	ND
C22:5 ω -3	0,310	0,210	0,240
C22:5 ω -6	0,100	0,270	0,130
C22:6 ω -3	0,130	0,690	0,230
TOTAL AGPI	3,59	3,62	1,99

AGPI: ácidos grasos poliinsaturados, ND: no detectado.

Los ácidos grasos poliinsaturados representan la menor parte en las especies de peces, con porcentajes entre 1,99 y 3,62%, en los cuales están incluidos los ácidos grasos del tipo ω -3,



siendo el ácido linolénico (18:3 ω -3) el de menor porcentaje en todos los casos, con valores entre 0,0300 y 0,100%, el cual proviene exclusivamente de aceites vegetales de origen terrestre; mientras que el EPA y el DHA solo provienen de aceites de origen marino, tanto de origen vegetal (DHA principalmente), como animal (EPA y DHA).

El contenido de los ácidos grasos eicosapentaenoico (EPA, 20:5 ω -3) y docosahexaenoico (DHA, 22:6 ω -3) presentó los valores más elevados entre los AGPI, como se pudo observar en la Tabla 9, estos oscilan para el EPA entre 0,320 y 0,620 % y para el DHA están entre 0,130 y 0,690%. Los ácidos grasos ω -3 de cadena larga EPA y DHA, son altamente valorados por los demostrados efectos benéficos en la salud y en la nutrición, tanto humana como animal, que produce su consumo, debido a que éstos previenen enfermedades ateroscleróticas, cardiovasculares, reducen los niveles de colesterol en las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y, por ende, disminuyen la presión sanguínea y la viscosidad de la sangre (Hibbeln, 2006).

Estos resultados coinciden con los encontrados en estudios previos en diferentes especies peces (Nalda *et al.*, 2000; Martínez, 2008), donde se han etiquetado a los ácidos palmítico y esteárico como los ácidos grasos saturados de mayor abundancia en los lípidos totales de los tejidos de estos organismos.

Por otra parte, algunos autores sugieren que las variaciones en los AGPI pueden deberse a que los mismos al ser componentes principales de los fosfolípidos, forman parte de las membranas, por lo tanto, pueden ser usados como combustibles metabólicos (Castro *et al.*, 2013). Además, señalan que la variabilidad de los ácidos grasos puede estar relacionada a los hábitos alimenticios de las especies marinas, así mismo, a la disponibilidad de alimentos (fitoplancton) del medio (Chacón, 1999).

Los factores bióticos y abióticos juegan un papel muy importante en la variación de la composición de ácidos grasos en los peces estudiados. Factores bióticos también son determinantes en la variación del perfil de ácidos grasos (Castro *et al.*, 2013). Los valores obtenidos en este trabajo para los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados, van a variar según las características de cada especie, considerando que todas las especies habitan en el mismo ecosistema.

CONCLUSIONES

El contenido de lípidos de los peces *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* oscila entre 0,530 y 1,50%, siendo el *O. ruber* la especie con mayor contenido lipídico.

Se encontró que los lípidos totales de las especies *H. steindachneri*, *O. ruber*, *H. striatum*, *T. lathami*, *C. crysos* y *E. plumieri* están constituidos principalmente por fosfolípidos (66,1-90,8 %) y en menor concentración por triacilgliceroles (6,8-34,0 %) y colesterol (4,5%).

Los análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos, reflejaron un predominio de las grasas saturadas (69-75 %) sobre las monoinsaturadas (21-27 %), en los lípidos totales de las seis especies estudiadas. Los ácidos grasos saturados que prevalecieron fueron el mirístico (C14:0), palmítico (16:0) y esteárico (18:0); en los monoinsaturados, el ácido oleico (18:1 ω -9) fue el predominante, y los poliinsaturados, linoléico (C18:3 ω -3), eicosapentaenoico (C20:5 ω -3) y docosahexaenoico (C22:6 ω -3).

Las concentraciones de proteínas para las especies estudiadas fluctuaron entre 13,9 y 21,4 %, correspondiendo la menor concentración a *H. striatum* y la mayor a *H. steindachneri*, respectivamente. El contenido de carbohidratos totales en los peces, osciló entre 45,3 y 52,1%, correspondiéndole el mínimo valor a la especie *H. steindachneri* y el máximo a *H. striatum*.

Los análisis estadísticos aplicados permitieron evidenciar la existencia de pocas diferencias significativas en el contenido energético de estos peces, constatándose que los mismos presentaban variabilidad tanto con respecto a la especie como a la familia a la que cada uno pertenece.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se recomienda promover el consumo de estas especies en el país, ya que la mayoría de los organismos acuáticos aportan grandes beneficios en la salud. Este tipo de estudio sirve como base para llevar a cabo futuras investigaciones sobre el beneficio que el consumo de pescado tiene en el manejo de diversas patologías, en las cuales es necesario calcular la ingestión de algunos nutrimentos contenidos en el pescado con propiedades antiinflamatorias, cardioprotectoras, antitrombóticas, etc., como son los ácidos grasos poliinsaturados.

REFERENCIAS

- Ackman, R. (1982). Flame ionization detection applied to thin layer chromatography on coated quartz rods. *Methods Enzymol*, 72:205-253.
- Alemany, M., y Font, S. (1982). *Prácticas de Bioquímica*. Alhambra. España. Colombiana: Bogotá.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (2019). *Official methods of analysis*, 21th ed. Washington. D. C.
- Carpio, L. (1976). Composición química del *Trachurus lathami* (Cataco) y su variación estacional. *Boletín del Instituto Oceanográfico de la Universidad de Oriente*, 15(1):19-24.

- Castro, M., Rodríguez, M., y C., Galindo. (2013). Perfil de ácidos grasos de diversas especies de pescados consumidos en México. *Rev. Biol. Trop.*, 61(4):1981-1998.
- Chacón, A. (1999). Caracterización y cuantificación de lípidos totales y ácidos grasos presentes en varios tejidos de la especie marina *Acanthopleura granulata* (lapa de mar). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente: Cumaná.
- Clawson, A., Garlich, J., Coffey, M., y Pond, W. (1991). Nutritional, physiological, genetic, sex, and age effects on fat-free dry matter composition of the body in avian, fish, and mammalian species: A review. *J Anim Sci.* 69:3617-44.
- Falch, E., y Aursand, M. (2006). Multi-component analysis of marine lipids in fish gonads with emphasis on phospholipids using high resolution NMR spectroscopy. Elsevier, 144.
- Hibbeln, J., Nieminen, L., Blasbalg, T., Riggs, J., y Lands, W. (2006). Healthy intakes of n-3 and n-6 fatty acids: estimations considering worldwide diversity. *Am J Clin Nutr.*, 83:1483-1493.
- Martínez, R. (2008). Perfil de ácidos grasos de peces marinos comerciales de las familias: Carangidea (*Trachurus lathami*); Glupeidea (*Sardinella aurita*, *Harengula clupeiola*, *Ophisthonema oglinum*); Mugilidea (*Mugil liza*) y Sciaenidea (*Cynoscion leiarchus*, *Micropogonias furnieri*). Trabajo de postgrado. Departamento de Bioanálisis, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
- Silva, J., y R., Chamul. (2000). Composition of marine and fresh water finfish and shellfish species and their products. En: RE Martin, EP Carter, EJ Flick and LM Davis (Eds.), *Marine and fresh water products handbook*, Lancaster, Pennsylvania, U.S.A: Technomic Publishing Company, pp 31-46.
- Torres, J. (2013). Obtención de fosfolípidos marinos ricos en omega-3 con fines nutricionales, a partir de productos y subproductos de la Industria Pesquera y Acuícola. Trabajo de pregrado. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos INTA. Universidad de Chile: Santiago.
- Vázquez, C., De Cos, A., López-Nomdedeu, C., y Alcaraz, F. (2005). Alimentación y nutrición: manual teórico-práctico. Madrid: Díaz de Santos. 2a ed. 470 p.
- Nalda, R., Paz, R., Lilia, M., y Rafael, P. (2000). Composición en ácido graso y proximal de siete especies de pescado de Isla de Pascua. *Alan*, 50:3.
- Patiño, L. (1998). Caracterización y cuantificación de lípidos en el hígado, tracto digestivo y tejido muscular de la especie *Eucinostomus gula* (Española). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente: Cumaná.
- Valenzuela, A., Valenzuela R, Sanhueza J, de la Barra, F. y Morales, G. (2014). Fosfolípidos de origen marino: una nueva alternativa para la suplementación con ácidos grasos omega-3. *Rev Chil Nutr.*, 41 (3):433-438.
- Villarroel, A. (1997). Caracterización y cuantificación de las diferentes clases de lípidos presentes en el hígado y tejido muscular del marao (*Tylosurus crocodrilos*). Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente: Cumaná.

Análisis citotóxico de cinco especies de algas marinas (*Centroceras clavulatum*, *Hypnea spinella*, *Kappaphykus alvarezii*, *Padina pavónica*, *Spatoglossum schröderi*) recolectadas en la playa de Salinas - Ecuador.

Camacho Priscila¹, Diaz Andrea¹, Jaramillo Carmita¹, D'Armas Haydelba², González Víctor³, Tocto Jefferson¹

¹Laboratorio de Tecnología Farmacéutica. Universidad Técnica de Machala. Machala. Ecuador. | ²Laboratorio de Productos Naturales y Lípidos. Universidad de Oriente. Estado Sucre. Venezuela. | ³Laboratorio de Investigación de Toxicidad Ambiental. Universidad Técnica de Machala. Machala. Ecuador.

RESUMEN

La importancia que poseen las algas marinas fue el incentivo que motivó el desarrollo de esta investigación, siendo el principal objetivo analizar la citotoxicidad de cinco especies de algas marinas (*Centroceras clavulatum*, *Hypnea spinella*, *Kappaphykus alvarezii*, *Padina pavónica* y *Spatoglossum schröderi*), recolectadas en la playa de Salinas – Ecuador. Estas especies fueron previamente tratadas mediante lavado y secado a 40°C por 48h. Se pulverizaron y establecieron parámetros de calidad en cada una de las especies, tanto en la droga seca como en el extracto acuoso y metanólico. Se determinó la concentración letal media CL₅₀, usando como bioindicadores nauplios de *Artemia salina* y nemátodos de *Caenorhabditis elegans* N2, considerados ideales gracias a su grado de sensibilidad ante la presencia de toxinas. El porcentaje de mortalidad se analizó después 24h de inicio del ensayo, en concentraciones de 1000, 100, 10 y 1 µg/ml. Cada especie se clasificó en relación a la toxicidad, según las normas CYTED (1995). En la prueba con *A. salina*, las especies *Hypnea spinella* y *Padina pavónica* fueron categorizadas como moderadamente tóxicas (100 a 500 µg/ml); a diferencia de *Centroceras clavulatum*, *Kappaphykus alvarezii* y *Spatoglossum schroederi* que se consideraron ligeramente tóxicas (500 a 1000 µg/ml). En el ensayo con el nemátodo *C. elegans* N2, las cinco especies de algas marinas fueron consideradas moderadamente tóxicas (100 a 500 µg/ml). Los resultados de estos análisis indicaron que estas especies de macroalgas son consideradas como una fuente promisorias de componentes bioactivos, debido a que sus valores de concentración letal media CL₅₀ son menores a 1000 µg/ml.

Palabras clave: Algas marinas, citotoxicidad, Ecuador, *Artemia Salina*, *Caenorhabditis elegans* N2.

INTRODUCCIÓN

Las macroalgas marinas son elementos biológicamente importantes en los sistemas marinos (Poza, 2018). Gracias a su composición química son capaces de sobrevivir a climas extremos, ofreciendo una gran cantidad de metabolitos únicos (Robledo, 2009). Durante siglos las áreas costeras han recolectado gran variedad de especies de algas marinas, esto se debe a sus beneficios nutricionales y para la salud. Entre los usos tradicionales que se les ha atribuido a las algas marinas incluye medicina, alimento, insumos en procesos industriales, fertilizantes y biocombustible (Dumay, 2016). Estas propiedades brindan mayor interés nutricional por el aporte de vitaminas naturales, proteínas vegetales y minerales (FAO, 2018).

Las algas son ricas en polisacáridos sulfatados donde se incluye: galactanos, fucoidanos, glicosaminoglicanos, glucanos y heteropolicáridos. Los carragenanos y agaranos son tipos de galactanos sulfatados que se extrae principalmente de algas rojas, y su interés es en el uso alimenticio y farmacéutico como agentes texturantes, estabilizantes. Existen muchos beneficios de los extractos de algas porque contienen sustancias bioactivas que poseen actividad antitumoral y antioxidante, entre otras (Lühn, 2014).

La especie *Centroceras clavulatum* es cosmopolita. Crece en rocas calizas y se halla en los mares cálidos (Conde, 1981). Proporciona actividad biológica, farmacológica y se utiliza como laxante (Lloret, 2015). La especie *Hypnea spinella* es rica en polisacáridos, se extrae carragenina usada principalmente para el cuidado personal y alimento (Radulovich, 2013). *Kappaphykus alvarezii* es originaria de Filipinas, considerada como una de las algas rojas exóticas con mayor importancia económica (Chan, 2013). Su cultivo es con fines comerciales ya que contribuye con el 80% de la producción de carragenina mundial. A nivel de la industria alimentaria se usa como agente emulsionante, gelificante y espesante, además de productos farmacéuticos y nutracéuticos (Hayashi, 2012). *Padina pavónica* es conocida también como cola de pavo real. Se consume como alimento y es una fuente productora de calcio (Brito, 2012). *Spatoglossum schröderi* son plantas foliáceas de color marrón esmeraldas y poseen un alto contenido de compuestos antioxidantes específicamente fucanos (Menezes, 2018).

Los modelos experimentales utilizados en este ensayo son: *Artemia salina*, conocida como camarón de salmuera. Son crustáceos ramificados que se desarrollan muy bien en condiciones de salinidad donde el principal componente es el NaCl (Nostro, 2015). *Caenorhabditis elegans* N2, es un nematodo hermafrodita auto-fertilizante de vida libre, que en la naturaleza coloniza hábitats ricos en microorganismos, como son las plantas y frutas en descomposición de muchos lugares del mundo (Palmisano, N.; Meléndez, A, 2018). Es

un experimento muy atractivo, debido a sus ventajas: tamaño pequeño, ciclo de vida corto, capacidad de autofecundación y alta tasa reproductiva, lo que favorece su mantenimiento en el laboratorio. Los análisis en laboratorio son rápidos, de bajo costo y susceptibles de análisis de alto rendimiento (Ruszkiewicz, J, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en el Laboratorio de Investigación de Toxicidad Ambiental y el Laboratorio de Tecnología Farmacéutica, de la Universidad Técnica de Machala. Las muestras fueron obtenidas a partir de los talos (ramas) de cada una de las especies de algas marinas en buen estado (*Centroceras clavulatum*, *Hypnea spinella*, *Kappaphycus alvarezii*, *Padina pavónica* y *Spatoglossum schröderi*), recolectadas durante los meses de septiembre y octubre del 2017. Se realizó lavado con agua destilada y secado en estufa a 40°C por 24h. Se trituro hasta llegar a un fraccionamiento de 1mm. El extracto crudo se preparó con 20g de muestra en 150 ml de metanol, se filtró y se llevó a sequedad.

El nemátodo *Caenorhabditis elegans* cp. N2 se obtuvo en el Laboratorio de Toxicología Ambiental. Para la obtención de nauplios de *Artemia salina*, se procedió a la eclosión de los huevos, colocando un recipiente con agua de mar previamente filtrada, a temperatura ambiente por 48h bajo un sistema de luz continua. El ensayo consiste en colocar un promedio de 10 a 15 ejemplares de cada bioindicador en las concentraciones de 1000, 100, 10 y 1 µg/mL durante 24h a temperatura ambiente y se realizó un control y réplicas por cada muestra. Transcurridas las primeras 24h, se cuenta el número de microorganismos muertos y se calcula el porcentaje de mortalidad en cada uno de los extractos de algas marinas.

RESULTADOS

Tabla 1 Parámetros fisicoquímicos de la droga seca.

PARÁMETROS	<i>Centroceras clavulatum</i> X/S	<i>Hypnea spinella</i> X/S	<i>Kappaphycus alvarezii</i> X/S	<i>Padina pavónica</i> X/S	<i>Spatoglossum schröderi</i> X/S
% Humedad residual	9,92 / 0,02	6,66 / 0,03	10,95 / 0,03	9,78 / 0,02	9,77 / 0,02
% Cenizas Totales	54,92 / 0,04	60,13 / 0,11	60,11 / 0,07	48,19 / 0,01	53,49 / 0,27

X/S: media aritmética/desviación estándar

Tabla 2 Parámetros de calidad de los extractos de las macroalgas estudiadas.

PARÁMETROS ESPECIES	pH		°Brix		Índice de refracción	
	CH ₄ O X/S	H ₂ O X/S	CH ₄ O X/S	H ₂ O X/S	CH ₄ O X/S	H ₂ O X/S
<i>Centroceras clavulatum</i>	6,36 / 0,005	6,85 / 0,01	2,23 / 0,01	4,08 / 0,01	1,336/0,0005	1,338/0,001
<i>Hypnea spinella</i>	6,32 / 0,01	6,43 / 0,005	0,06/ 0,005	2,77/ 0,01	1,331/0,0005	1,337/0,0005
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	5,90 / 0,005	6,49 / 0,01	2,89 / 0,01	3,69/ 0,01	1,334 / 0,001	1,338 / 0,001
<i>Padina pavónica</i>	5,99 / 0,005	6,99 / 0,01	1,22 /0,005	4,23/ 0,01	1,334 / 0,001	1,339 / 0,001
<i>Spatoglossum schröderi</i>	5,99 / 0,005	7,06 / 0,01	1,22/ 0,005	3,22/ 0,01	1,334 / 0,001	1,337 / 0,001

X/S: media aritmética/desviación estándar

Tabla 3 Tamizaje fitoquímico de las macroalgas estudiadas.

ENSAYOS	<i>Centroceras clavulatum</i>		<i>Hypnea spinella</i>		<i>Kappaphycus alvarezii</i>		<i>Padina pavónica</i>		<i>Spatoglossum schröderi</i>	
	CH ₄ O	H ₂ O	CH ₄ O	H ₂ O	CH ₄ O	H ₂ O	CH ₄ O	H ₂ O	CH ₄ O	H ₂ O
Dragendorff (Alcaloides)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Mayer (Alcaloides)	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
Wagner (Alcaloides)	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+
Cl ₂ Fe (Taninos)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	++
Shinoda (Flavonoides)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+
Fehling (Az. Reductores)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Espuma (Saponinas)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Mucilagos (Polisacáridos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Principios Amargos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catequinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resinas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baljet (Cumarinas)	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
LiebermannBuchard (Triterpenos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ninhidrina (Aminoácidos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Borntrager (Quinonas)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kedde (Gluc. Cardiotónicos)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antocianidina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(+) Existe presencia de metabolitos, (-) ausencia de metabolitos.

Tabla 4 Ensayo de mortalidad con *A. salina* realizado a las macroalgas estudiadas.

Especies	Concentración(µg/ml)	% Mortalidad	CL50 (ug/ml)	Categoría*
<i>Centroceras clavulatum</i>	0	0	511,233	Ligeramente tóxico (500-1000µg/ml)
	1000	90		
	100	20		
	10	10		
<i>Hypnea spinella</i>	1	6,66	496,488	Moderadamente tóxico (100-500µg/ml)
	0	0		
	1000	80		
	100	36,66		
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	10	46,66	665,607	Ligeramente tóxico (500-1000µg/ml)
	1	0		
	0	0		
	1000	80		
<i>Padina pavónica</i>	100	20	369,834	Moderadamente tóxico (100-500µg/ml)
	10	0		
	1	0		
	0	0		
<i>Spatoglossum schröderi</i>	1000	90	566,184	Ligeramente tóxico (500-1000µg/ml)
	100	63,33		
	10	26,66		
	1	0		
<i>Spatoglossum schröderi</i>	1000	83,33	566,184	Ligeramente tóxico (500-1000µg/ml)
	100	26,66		
	10	13,33		
	1	3,33		

*CYTED (1995).

Tabla 5 Ensayo de mortalidad con *C. elegans* N2 realizado a las macroalgas estudiadas.

Especies	Concentración (µg/ml)	% Mortalidad	CL50(µg/ml)	Categoría
<i>Centroceras clavulatum</i>	0	0	330,262	
	1000	93,33		
	100	80		
	10	6,66		
	1	0		
<i>Hypnea spinella</i>	0	0	397,401	
	1000	83,33 70		
	100	33,33		
	10	0		
	1	0		
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	0	0	465,719	Moderadamente Tóxicas (100-500µg/ml)
	1000	86,66		
	100	63,33		
	10	0		
	1	0		
<i>Padina pavónica</i>	0	0	248,019	
	1000	96,66		
	100	73,33		
	10	30		
	1	0		
<i>Spatoglossum schröderi</i>	0	0	375,697	
	1000	93,33 40		
	100	26,66		
	10	10		
	1	0		

Tabla 6 Cuadro comparativo de resultados de toxicidad CL50 (µg/ml)

Modelos experimentales	<i>Centroceras clavulatum</i>	<i>Hypnea spinella</i>	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Padina pavónica</i>	<i>Spatoglossum schröderi</i>
<i>Artemia salina</i>	511,233	496,488	665,607	369,834	566,184
<i>Caenorhabditis elegans</i>	330,262	397,407	465,719	248,019	375,697

DISCUSIÓN

De la droga seca de las cinco especies de algas se obtuvo un valor residual oscilado entre 6,66 a 10,95 por ciento, las mismas que están dentro de los parámetros (<14%) establecidos en la Real Farmacopea Española 2ª Edición (203). Estos resultados permiten la disminución de riesgos en la proliferación de bacterias, haciendo que las muestras sean idóneas para un correcto análisis. El contenido de cenizas obtenido es en porcentajes superiores a lo especificados por la Real Farmacopea Española 2ª Edición (no más del 10%). Esto se justifica debido a que son especies acuáticas y absorben sales de cloruro de sodio y otros minerales (Tabla 1). En los parámetros de calidad analizados (pH, °Brix, índice de refracción), existen valores mayores en el extracto acuoso, comportamiento que se explica debido a la solubilidad de metabolitos secundarios propios de cada especie (Tabla 2).

En cuanto a su composición química, se reporta la presencia de alcaloides en la mayoría de los extractos de algas (a excepción *Centroceras clavulatum*). Mientras que, existen compuestos fenólicos en las especies *Padina pavónica* y *Spatoglossum schroederi*. Considerando la presencia de estos metabolitos, estas algas pueden poseer propiedades anti-proliferativas (Brito,2012). Además, se confirmó la presencia de coumarinas, azúcares reductores en las cinco especies de algas estudiadas (FAO, 2018) (Tabla 3).

De las cinco especies analizadas, *Hypnea spinella* y *Padina pavónica* tienen valores de concentración letal media por debajo de 500 µg/ml con ambos bioindicadores, clasificándolas como especies moderadamente tóxicas. A diferencia de las otras especies marinas, donde el rango de toxicidad varía entre moderadamente tóxico a ligeramente tóxico. Esto es debido a que los dos bioindicadores utilizados para este ensayo, el nemátodo *Caenorhabditis elegans* N2 demostró mayor sensibilidad a la prueba (Tabla 6). Las cinco macroalgas marinas estudiadas obtuvieron valores de CL₅₀ inferiores a 1000 µg/ml, considerándose a estas especies como fuentes portadoras de componentes bioactivos, según lo indicado por el CYTED (1995).

CONCLUSIONES

Las especies analizadas cumplieron con los parámetros humedad (menor a 14%) mencionados en la Real Farmacopea Española 2^a Edición, en cenizas totales los valores reportados fueron alrededor del 50% propios de las especies acuáticas. En cuanto al análisis fitoquímico, se concluyó que los metabolitos presentes en estas cinco especies fueron azúcares reductores y cumarinas, se reportó además la presencia de alcaloides, saponinas, taninos y flavonoides en algunas de ellas. En relación al bioensayo de toxicidad, se concluye que los valores de CL₅₀ de las cinco especies de algas marinas analizadas son menores a 1000µg/ml, considerándolas como una fuente promisoría de compuestos bioactivos antitumorales.

REFERENCIAS

- Brito, L. L.; Segnini, de M. I. B.; Crescente, O. Actividad Citotóxica de Extractos Orgánicos de Macroalgas Marinas Del Oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Ocean. Venez.* 2012, 51 (1), 53–58.
- Chan, S. W.; Mirhosseini, H.; Taip, F. S.; Ling, T. C.; Tan, C. P. Comparative Study on the Physicochemical Properties of κ-Carrageenan Extracted from *Kappaphycus Alvarezii* (Doty) Doty Ex Silva in Tawau, Sabah, Malaysia and Commercial κ-Carrageenans. *Food Hydrocoll.* 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.07.010>.
- Conde, F. *Centroceras Clavulatum* Montagne (Ceramiaceae, Rhodophyta) En El Mediterraneo. 1981, 7–11.

- CYTED. Manual de Técnicas de Investigación, Ed. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. 1995 , pag 45-46.
- Dumay, J.; Morançais, M. *Seaweed in Health and Disease Prevention*; 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00009-9>.
- FAO. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura Sobre El Estado Del Mundo. 2018, 250.
- Franco, C. R. C.; Trindade, E. S.; Nader, H. B.; Rocha, H. A. O. A Low-MolecularWeight Galactofucan from the Seaweed, *Spatoglossum Schröderi*, Binds Fibronectin and Inhibits Capillary-like Tube Formation in Vitro. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, *111*,1067–1075. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.119>.
- Hayashi, L.; Reis, R. P. Cultivation of the Red Algae *Kappaphycus Alvarezii* in Brazil and Its Pharmacological Potential. *Rev. Bras. Farmacogn. Brazilian J. Pharmacogn.* 22 (4), 748–752. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102>.
- Menezes, M. M.; Nobre, L. T. D. B.; Rossi, G. R.; Almeida-Lima, J.; MeloSilveira, R. F.; Franco, C. R. C.; Trindade, E. S.; Nader, H. B.; Rocha, H. A. O. A Low-Molecular-Weight Galactofucan from the Seaweed, *Spatoglossum Schröderi*, Binds Fibronectin and Inhibits Capillary-like Tube Formation in Vitro. *Int. J. Biol. Macromol.* 2018, *111*, 1067–1075. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.119>.
- Nostro, P.; Ninham, B. W.; Carretti, E.; Dei, L.; Baglioni, P. Specific Anion Effects in *Artemia Salina*. *Chemosphere* 2015, *135*, 335–340. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.04.080>.
- Lloret, J. Ecosistemas Marinos Y Salud Humana Riesgos Y Beneficios Procedentes Del Mar. *Mediterr. económico* 2015, *27*, 179–197.
- Lühn, S.; Grimm, J. C.; Alban, S. Simple and Rapid Quality Control of Sulfated Glycans by a Fluorescence Sensor Assay - Exemplarily Developed for the Sulfated Polysaccharides from Red Algae *Delesseria Sanguinea*. *Mar. Drugs* 2014, *12* (4), 2205– 2227. <https://doi.org/10.3390/md12042205>.
- Orgánios de Macroalgas Marinas Del Oriente de Venezuela. *Bol. Inst. Ocean. Venez.* 2012, *51* (1), 53–58.

- Palmisano, N. J.; Meléndez, A. Autophagy in *C. elegans* Development. *Dev. Biol.* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2018.04.009>.
- Poza, A. M.; Fernández, C.; Gauna, M. C.; Parodi, E. R. Biochemical Properties and Culture Optimization of *Leathesia Marina* (Phaeophyceae). *Algal Res.* 2018, 33 (May), 379–388. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.06.015>.
- Radulovich, R.; Umanzor, S. *Algas Tropicales Cultivo y Uso Como Alimento 2013 (Tropical Seaweeds: Cultivation and Use as Food) Integrated Seaweed Hatchery and Selective Breeding Technologies for Scalable Offshore Seaweed Farming View Project Giant Kelp Restoration in Baja California*; 2013.
- Real Farmacopea Española. Formas Farmacéutica. 2ª Edición. 2003. Barcelona.:RFE, 579-619. Disponible en http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/lcturageneralidades-3_15034.pdf.
- Robledo, D.; Freile-Pelegrin, Y. In Vitro Cytotoxic and Antiproliferative Activities of Marine Macroalgae from Yucatán, México. *Ciencias Mar.* 2009, 35 (4), 345–358.
- Ruszkiewicz, J. A.; Pinkas, A.; Miah, M. R.; Weitz, R. L.; Lawes, M. J. A.; Akinyemi, A. J.; Ijomone, O. M.; Aschner, M. *C. elegans* as a Model in Developmental Neurotoxicology. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2018, 354 (October 2017), 126–135. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2018.03.016>.

Estudio de la composición proximal, lipídica y de ácidos grasos de *Crassostrea rhizophorae* (Ostra de mangle), provenientes de la Laguna de La Restinga, en tres periodos climáticos

Rodríguez, J., Milano, J., Moreno, S.

Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná, estado Sucre, Venezuela, Apartado postal 6101.

✉ jhasnair_gabriela@hotmail.com

RESUMEN

Existen diversos reportes sobre la composición lipídica de los organismos marinos, en gran parte para determinar los requerimientos nutricionales de las especies sometidas a cultivo y, por otro lado, debido a su importancia en la nutrición humana, ya que son una fuente significativa de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente de la familia ω -3. Entre los organismos marinos se encuentran los bivalvos, destacando la ostra de mangle (*Crassostrea rhizophorae*), la cual posee alta tasa de crecimiento, alta productividad por área, continua reproducción, buenas propiedades alimenticias y su composición proteínica es totalmente asimilable. Bonilla y cols. (1972) estudiaron la variación estacional de la composición química de *C. rhizophorae*, en Laguna Grande y la Bahía de Mochima, observándose que la concentración de proteínas varía en relación inversa a la de los carbohidratos y grasas, y que los valores más elevados de concentración para estas sustancias fueron los de Laguna Grande. Esta variación de concentraciones, en función al tiempo y al espacio, mantiene activo un campo de investigación y hace necesaria la evaluación de la composición proximal (lípidos, proteínas, carbohidratos, humedad y cenizas), lipídica y de ácidos grasos de *C. rhizophorae*, colectada en la Laguna de la Restinga, en los periodos de lluvia, sequía y transición. Para esto, las ostras de mangle se recolectaron bimensualmente en la laguna de La Restinga, posteriormente se realizó la extracción de los lípidos totales (método de Overturf y Dryer), los lípidos se caracterizaron por espectroscopia infrarroja y se separaron e identificaron por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas; además se identificaron y cuantificaron los diferentes lípidos usando el Iatroscan, haciendo además la esterificación y transesterificación de los ácidos grasos (método de Brokerchoff), e identificamos los ácidos grasos mediante un cromatógrafo de gas-líquido, finalmente se cuantificaron las proteínas (método de Biuret), el contenido de humedad y cenizas, y se determinó la composición proximal de cada parámetro, concluyendo con un análisis estadístico basado en la concentración/periodo climático de cada parámetro. El resultado de esta investigación permite intensificar el consumo del molusco, no solo por su valor económico, sino también por sus parámetros nutricionales; tanto para los pobladores de esta zona, que son los primeros en consumirlas, como para el resto del país a los cuales les llega el producto a su mesa, gracias al comercio nacional de alimentos marinos.

Palabras clave: Ostra de mangle, *Crassostrea rhizophorae*, Composición proximal, Laguna de La Restinga.

INTRODUCCIÓN

Existe una amplia variedad de reportes sobre la composición lipídica de los organismos marinos, en gran parte para determinar los requerimientos nutricionales de las especies sometidas a cultivo y, por otro lado, debido a su importancia en la nutrición humana, ya que son una fuente significativa de ácidos grasos poliinsaturados, principalmente de la familia ω -3 (Devlin, T. 2004).

Entre los organismos marinos se encuentran los bivalvos, destacando la ostra de mangle (*Crassostrea rhizophorae*), la cual posee alta tasa de crecimiento, alta productividad por área, continua reproducción, buenas propiedades alimenticias y su composición proteínica es totalmente asimilable. Bonilla y cols. (1969) estudiaron la variación estacional de la composición química de *C. rhizophorae*, en Laguna Grande y la Bahía de Mochima, observándose que la concentración de proteínas varía en relación inversa a la de los carbohidratos y grasas, y que los valores más elevados de concentración para estas sustancias fueron los de Laguna Grande. Esta variación de concentraciones, en función al tiempo y al espacio, mantiene activo un campo de investigación y hace necesaria la evaluación de la composición proximal (lípidos, proteínas, carbohidratos, humedad y cenizas), lipídica y de ácidos grasos de *C. rhizophorae*, colectada en la Laguna de la Restinga, en los periodos de lluvia, sequía y transición.

Es por ello que esta investigación tiene como objetivo principal evaluar la composición proximal (lípidos, proteínas, carbohidratos, humedad y cenizas), lipídica y de ácidos grasos de *Crassostrea rhizophorae*, colectada en la Laguna de la Restinga, en los periodos de lluvia, sequía y transición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestreo

Las ostras de mangle se recolectaron bimensualmente en el Parque Nacional Laguna de La Restinga, situada en la isla de Margarita, municipio Tubores, estado Nueva Esparta, Venezuela, en los periodos de lluvia, sequía y transición.

Tratamiento de las muestras

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio enfriadas con hielo seco y extraídas del organismo para ser limpiadas y lavadas, luego se trituraron y se colocaron en envases bajo refrigeración hasta sus análisis de laboratorio.

Análisis de las muestras

Se realizó la extracción de los lípidos totales (método de Overturf y Dryer), los lípidos se caracterizaron por espectroscopia infrarroja y se separaron e identificaron por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas; además se identificaron y cuantificaron los diferentes lípidos usando el Iatroskan, haciendo también la esterificación y transesterificación de los ácidos grasos (método de Brokerchoff), e identificamos los ácidos grasos mediante un cromatógrafo de gas-líquido, finalmente se cuantificaron las proteínas (método de Biuret), el contenido de humedad y cenizas, y se determinó la composición proximal de cada parámetro, concluyendo con un análisis estadístico basado en la concentración/periodo climático de cada parámetro.

RESULTADOS

En el proceso de análisis de las muestras se obtuvieron valores de la composición proximal que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición proximal promedio (%) de *C. rhizophorae*, proveniente de la Laguna de La Restinga en los periodos de lluvia, sequía y transición.

Muestra	Lípidos	Proteínas	Humedad	Cenizas	Carbohidratos
Agosto	2,32	2,87	84,36	5,45	5,01
Octubre	2,15	1,60	86,56	4,35	5,34
Diciembre	2,03	2,08	81,20	6,40	8,29
Febrero	1,48	0,59	79,66	10,58	7,69
Abril	1,59	0,71	80,78	9,71	7,21

El contenido de lípidos en *C. rhizophorae* osciló entre 1,48 % a 2,32 %, correspondiendo el valor mínimo y máximo al periodo de sequía y lluvia, respectivamente. Las diferencias observadas se deben a que los organismos marinos presentan fluctuaciones en sus demandas energéticas, así como variaciones en sus procesos fisiológicos regulados por factores endógenos y condiciones ambientales. También debemos tomar en cuenta que, la disponibilidad de alimentos depende de factores endógenos y exógenos, estando afectada por la variación estacional de componentes energéticos (Bonilla y cols. 1969). Por otro lado, el periodo de lluvia implica un arrastre de nutrientes, mientras que en el periodo de sequía hay poca disponibilidad de nutrientes y se reservan para la reproducción, con menor cantidad de oxígeno (Yañez, D. 2007).

Se obtuvieron cromatogramas de gases para todos los extractos lipídicos. En la Figura 1 se puede apreciar el que corresponde al mes de agosto (mes que presentó el % máximo de lípidos),

destacando que los más abundantes son el ácido palmítico y el ácido lignocérico, quienes también están presentes en los extractos de otros meses de muestreo pero en menor proporción.

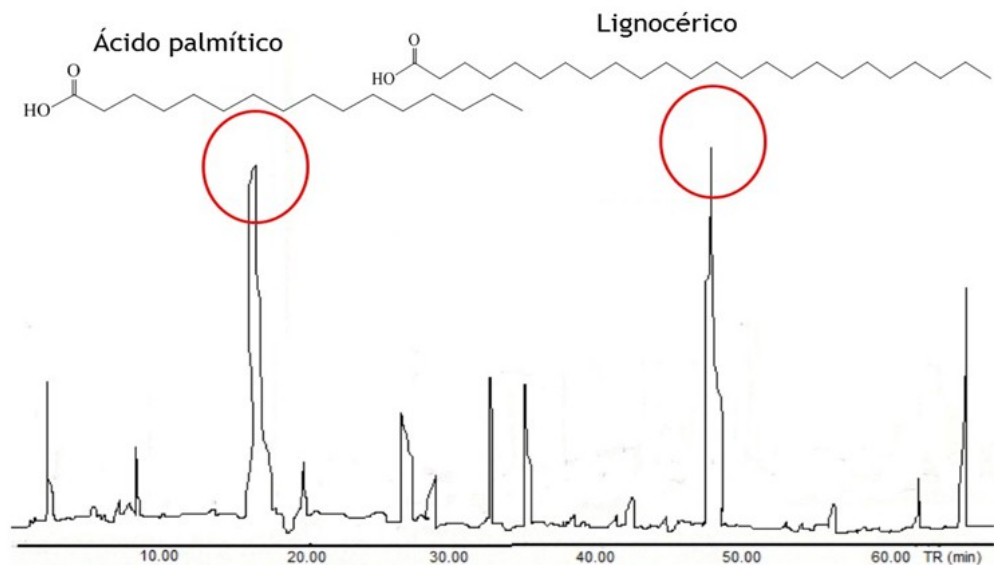


Figura 1. Cromatograma de ácidos grasos del extracto lipídico de *C. rhizophorae* del mes de agosto.

Con respecto a los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), en la Tabla 2 se muestran los resultados correspondientes, donde podemos apreciar una buena concentración de omega 3 en todos los meses de muestreo, presentando su valor máximo en el mes de Agosto, lo cual es importante por los múltiples beneficios que ofrece este tipo de lípidos para la salud cardio y cerebro vascular de los consumidores (Gadner, D. y Riley, J. 1972).

Los espectros de IR de los extractos lipídicos evidencian la presencia de bandas características de colesterol, fosfolípidos y triacilgliceroles. En el caso particular del mes de Agosto (Figura 2) apreciamos las bandas características de este tipo de compuestos, confirmando su presencia en los extractos de *C. rhizophorae*, con mayor concentración en época de sequía.

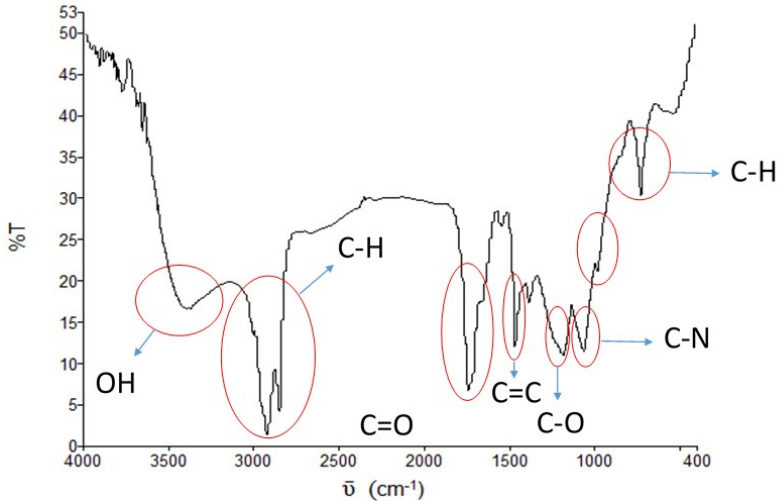


Figura 2. Espectro IR del extracto lipídico de *C. rhizophorae* del mes de agosto.

En cuanto a las proteínas totales debemos destacar que, los niveles proteicos de *C. rhizophorae* fluctuaron entre 0,59 % y 2,87 %, correspondiendo el valor mínimo y máximo al periodo de sequía y lluvia, respectivamente (Figura 3). En este punto debemos mencionar que en la época de escasas de alimento o en periodo de desove se consume la grasa acumulada, así mismo el contenido proteico disminuye hacia el mes de febrero por la producción de energía para el desarrollo de gónadas, confirmando que las reservas de proteínas almacenadas en los tejidos corporales de la Ostra, son utilizadas en época de escasas de alimento o por alta demanda energética.

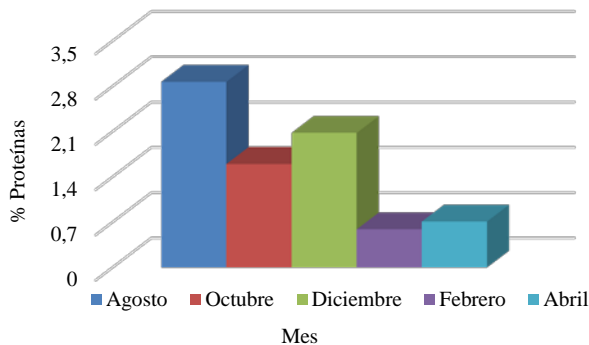


Figura 3. Promedio del porcentaje de proteínas totales de *C. rhizophorae* según el mes de muestreo.

Los niveles de humedad encontrados en la especie arrojaron un rango promedio de 79,66 % a 86,56 %, siendo el menor valor para el periodo de sequía y mayor para el de lluvia. De manera

inversa, la mayor concentración de cenizas para esta especie se obtuvo en el periodo de sequía con un valor de 10,58 %, mientras que el menor (4,35 %) en periodo de lluvia. Estas variaciones son asociadas a la composición de los organismos a las disposiciones ambientales (Fonseca *et al*, 2013).

El contenido de carbohidratos osciló entre 5,01 % y 8,29 %, correspondiéndole el mínimo valor al periodo de lluvia y máximo valor al periodo de transición, en esta época la ostra está en estado de maduración y presenta rápida proliferación de células sexuales por lo que usa sus reservas energéticas hasta finalizar el ciclo reproductivo (Bonilla *et al*, 1972).

CONCLUSIONES

Al tomar en cuenta los aportes nutricionales para una dieta basada en altos contenidos proteicos y lipídicos, los periodos más favorables para el consumo de la especie, serían los periodos de lluvia. Los análisis estadísticos aplicados permitieron evidenciar la existencia de diferencias significativas en el contenido energético de este bivalvo, constatándose que se presentaba variabilidad en el periodo de captura del mismo. Debido a los resultados obtenidos para *C. rizophorae*, se recomienda el cultivo masivo de esta especie en el periodo de lluvia, para el beneficio de la población y por ende para el desarrollo de la acuicultura en el país.

El resultado de esta investigación permite intensificar el consumo del molusco, no solo por su valor económico, sino también por sus parámetros nutricionales; tanto para los pobladores de esta zona, que son los primeros en consumirlas, como para el resto del país a los cuales les llega el producto a su mesa, gracias al comercio nacional de alimentos marinos.

Esta investigación es un aporte importante, al estudio de las características físico químicas de la Ostra de mangle, de Venezuela, que podría ser utilizado como un producto comercial de alto valor nutricional.

REFERENCIAS

- Bonilla, J. 1972. Variación mensual del compuesto químico en el ostión de mangle y el ostión cultivado. *Bol. Inst. Oceanog. de la Universidad de Oriente*, 14(1):117-127.
- Fonseca, C.; Chavarría, F. y Mejía, F. 2013. Variación estacional de la composición proximal en tres especies de importancia comercial del Golfo de Nicoya, Puntarenas, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 61(1):429-437.

- Gadner, D. y Riley, J. 1972. Seasonal variations in the component fatty acid distributions of the lipids of *Balanus balanoides*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 52:839-845.
- Juan A. Alfonso y cols. 2013. Temporal distribution of heavy metal concentrations in oysters *Crassostrea rhizophorae* from the central Venezuelan coast. *Marine Pollution Bulletin*, 73(1): 394-398.
- Milano, J. 2003. Estudio Comparativo del Contenido Lipídico, Proteico y de Glucógeno en la *C. rhizophorae* (Ostra de Mangle) Provenientes de la Laguna de Chacopata, La Restinga y Caroni Swamp. Tesis de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.
- Devlin, T. 2004. Bioquímica, libro de texto con aplicaciones clínica. Editorial Reverté, S.A.
- Flores, O.; Rendón, E.; Riveros, H.; Sosa, A.; Vázquez, E. y Velázquez, I. 2005. Nuevas funciones para las fosfolipasas y aciltransferasas de fosfolípidos: una breve revisión de las funciones y el metabolismo de fosfolípidos. *Mensaje Bioquímica*, 29.
- Lodeiros, C.; Marín, B. y Prieto, A. 1999. *Catálogo de Moluscos Marinos de la Costa Nororiental de Venezuela*. APUDONS, Cumaná. Pág. 109.
- Mc Kee, T.; Mc Kee, J. 2003. *La base molecular de la vida*. Tercera Edición. Mc Graw-Hill: Interamericana. España.
- Murray, R., Kennely, P., Benden D., Rodwel, V., Bothan, K. y Weil, A. 1998. Bioquímica de Harper. Editorial El manual Moderno, S.A., Caracas, Venezuela.
- Romero, N; Robert, P.; Masson, L. y Pineda, R. 2002. Composición en ácidos grasos y proximales de siete especies de pescado de Isla de Pascua. *ALAN*, 50(3):304-308.
- Yañez, D. 2007. Composición química de las especies marinas *Chicoreus (Phyllonotus) pomum*, *Chicoreus brevifrons* y *Pteria colymbus*, provenientes de Punta Arenas, Estado Sucre. Tesis de Pregrado. Departamento de Química. Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Cumaná.

Efecto neuroprotector de fucoxantina extraída a partir de macroalgas marinas

C. Lourenço-Lopes¹; L. Cassani^{1,3}; C. Jiménez-López^{1,2}; A. G. Pereira^{1,2}; P. García-Oliveira¹,
M. Carpena¹, M. Fraga^{1,2}, M. A. Prieto¹; Jesús Simal-Gándara¹

¹Nutrition and Bromatology Group, Faculty of Food Science and Technology, University of Vigo, Ourense Campus, E32004 Ourense, Spain. | ²Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal. | ³Research Group of Food Engineering, Faculty of Engineering, National University of Mar del Plata, RA7600, Mar del Plata, Argentina

✉ jsimal@uvigo.es; mprieto@uvigo.es

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo revisar la bibliografía relacionada con la molécula de fucoxantina y sus efectos neuroprotectores. La fucoxantina es un carotenoide que se puede obtener de las macroalgas marinas, especialmente de las marrones, también conocidas como *Phaeophyceae*. Las algas son un recurso marino muy interesante que tiene un alto contenido en proteínas, carbohidratos y minerales, pero aún más relevante para este estudio, metabolitos secundarios muy diversos como compuestos fenólicos y carotenoides, lo que los convierte en una fuente natural muy interesante para nuevos ingredientes. La fucoxantina es uno de los principales carotenoides que se encuentran en las algas y su estructura está formada por un enlace alénico y grupos funcionales de carbonilo, hidroxilo y carboxilo que pueden ser responsables de las diversas propiedades de la fucoxantina. La fucoxantina ha atraído mucha atención últimamente debido a sus fuertes propiedades antioxidantes, actividades anticancerígenas, antiangiogénicas, antiinflamatorias, así como efectos citoprotectores, antiobesidad, neuroprotectores y protectores de la piel. Zhang *et al.*, 2017, estudiaron las propiedades neuroprotectoras de esta molécula en modelos de lesiones cerebrales traumáticas (TBI) y el papel del factor de respuesta al antioxidante factor 2 (Nrf2) relacionado con el factor nuclear eritroide 2 (ARE) y Nrf2- vías de autofagia en la supuesta neuroprotección, con resultados positivos. Y los estudios *in vitro* demostraron que la fucoxantina aumentó la supervivencia de las neuronas y redujo el nivel de especies reactivas de oxígeno (ROS). Además, Hu *et al.*, 2018, probaron la administración de fucoxantina para determinar si podía atenuar la lesión cerebral por isquemia/reperusión (I/R) y trataron de dilucidar sus posibles mecanismos usando una oclusión *in vivo* de la arteria cerebral media (MCAO) modelo y un modelo *in vitro* de privación de oxígeno-glucosa y reoxigenación (OGD/R) y sus descubrimientos sugirieron que la fucoxantina podría explotarse como un objetivo terapéutico para proteger las neuronas. Teniendo en cuenta que la producción a escala industrial de esta molécula presenta varias dificultades y no es lo suficientemente eficiente para la escala comercial, es relevante proporcionar una forma de extracción y purificación de este compuesto a partir de una materia prima, como las algas, que pueda lograr su producción con mayor rendimiento y eficiencia económica. Los resultados de los estudios anteriores implican que la fucoxantina tiene un gran potencial neuroprotector y puede



usarse para tratar lesiones cerebrales y podrá futuramente incluirse en un suplemento nutricional para la prevención y el tratamiento de una amplia variedad de patologías relacionadas.

Palabras clave: Metabolitos secundarios, compuestos fenoles, Ccrotenoides, *Phaeophyceae*.

INTRODUCCIÓN

Las algas marinas constituyen una fuente importante de compuestos beneficiosos para la salud humana. Las algas han formado parte de la dieta oriental desde tiempos inmemoriales debido a su alto contenido de nutrientes (Dawczynski, Schubert, & Jahreis, 2007), mientras que en los países occidentales su principal aplicación ha sido como agentes hidrocoloides en la industria alimentaria y farmacéutica (Saet *et al.*, 2008). Desde el punto de vista nutricional, las algas marinas son interesantes debido a su alto contenido de polisacáridos, la mayoría de los cuales no son digeridos por las enzimas del tracto gastrointestinal humano, por lo tanto, pueden considerarse fibra dietética (33–75%), particularmente ricas en las fracciones solubles (50–85% del contenido total de fibra dietética). Estos niveles de fibra encontrados en las algas marinas son superiores a los hallados en las plantas terrestres. Además, las algas son una buena fuente de péptidos, aminoácidos, y proteínas, vitaminas y minerales esenciales y presentan bajo contenido de lípidos (principalmente ácidos grasos omega 3 y 6 poliinsaturados) (Saet *et al.*, 2008).

Además de los nutrientes previamente mencionados, las algas ofrecen un amplio espectro de compuestos con actividad biológica como son los pigmentos, compuestos polifenólicos, entre otros. En particular, la fucoxantina es un metabolito secundario sintetizado por las algas marinas, perteneciente al grupo de los carotenoides y es considerada uno de los pigmentos más abundantes y característicos de las algas pardas. También, se encuentra en grandes cantidades en otras plantas, ya que representa aproximadamente el 10% del total de los carotenoides existentes en la naturaleza. Diversos estudios han demostrado que la fucoxantina presenta importantes actividades biológicas y terapéuticas, tales como capacidad antioxidante, anticancerígena, antihipertensiva, antiinflamatoria, antidiabética, antiobesidad e incluso antiangiogénica (D’Orazio *et al.*, 2012, Heo *et al.*, 2008, Kumar, Hosokawa, & Miyashita, 2013, Maoka, Fujiwara, Hashimoto, & Akimoto, 2007, Mikami & Hosokawa, 2013, Sugawara, Baskaran, Tsuzuki, & Nagao, 2002, Zhang *et al.*, 2015). Teniendo en cuenta los numerosos beneficios para la salud que ofrecen los compuestos bioactivos y nutricionales presentes en las algas pardas, las convierte en un sustrato ideal para ser explorado en profundidad y posteriormente, ser utilizadas como ingrediente funcional en innumerables aplicaciones industriales como es el desarrollo de alimentos funcionales (Rajauria, Foley, & Abu-Ghannam, 2017). Por lo tanto, este trabajo de revisión ofrece un resumen general de las principales actividades biológicas asociadas a fucoxantina, haciendo especial énfasis en la actividad neuroprotectora de algas pardas (Kim, Shang, & Um, 2011).

Caracterización y metabolitos de fucoxantina

La fucoxantina es un carotenoide característico de color naranja presente en algas pardas. Pertenece a la familia de carotenoides no provitamínicos A, una clase de moléculas orgánicas de 40 carbonos que consta de dos grupos: xantófilas (cuando su estructura contiene oxígeno) y carotenos (sin presencia de oxígeno en la estructura química). En particular, la fucoxantina es una xantófila cuya estructura característica incluye un enlace alénico un carbonilo conjugado en la cadena de polieno, un 5, 6-monoepóxido y residuos hidroxilados y carboxilados lo cual le confiere propiedades antioxidantes.

La fucoxantina absorbe la luz principalmente en la parte azul-verde a amarillo-verde del espectro visible, alcanzando un máximo de alrededor de 510-525 nm según diversas estimaciones y absorbiendo principalmente en el rango de 450 a 540 nm. Se comporta como un carotenoide primario de recolección de luz que transfiere energía al complejo clorofila-proteína (Kajikawa *et al.*, 2012).

Al tratarse de una molécula presente en algas comestibles se conoce que tras la ingestión por parte de mamíferos, la fucoxantina es metabolizada a fucoxantinol, metabolito principal identificado en ratas y ratones (Asai, Sugawara, Ono, & Nagao, 2004; Sangeetha, Bhaskar, Divakar, & Baskaran, 2010), gracias a la acción de enzimas digestivas del tracto gastrointestinal, tras lo que es absorbida en el intestino, alcanzando la circulación sanguínea (Yamamoto, Ishikawa, Katano, Yasumoto, & Mori, 2011). El proceso metabólico consiste en una deacetilación, por lo que ambas moléculas, fucoxantina y fucoxantinol, poseen estructuras de alta similitud, como puede observarse en la Figura 1 (Sun *et al.*, 2019).

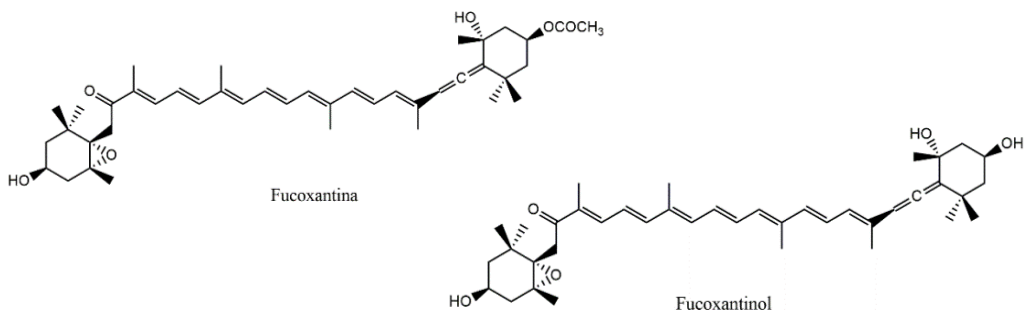


Figura 1 Estructura química de fucoxantina y fucoxantinol.

Sin embargo, el metabolito mayoritario encontrado en el hígado de ratas fue la amarouciaxantina A, ya que las enzimas del hígado tienen un comportamiento distinto, hidrolizando la fucoxantina para dar lugar a este compuesto (Figura 2) (Sangeetha *et al.*, 2010).

En otro estudio se concluyó que la fucoxantina ingerida por ratones en la dieta se acumula en el corazón y en el hígado a través de su metabolito fucoxantanol, y, por el contrario, como amarouciaxantina A en el tejido adiposo; aunque posteriormente, fucoxantanol es rápidamente convertido a amarouciaxantina A, mediante la acción de una enzima reductasa o deshidrogenasa de cadena corta, y durante 24 h es transportada a otros tejidos (Hashimoto *et al.*, 2009). En un estudio llevado a cabo por Sachindra *et al.* (2007) afirmaron que los derivados obtenidos tras el aislamiento de esta molécula a partir de *U. pinnatifida* fueron fucoxantanol y halocintiaxantina (Figura 2). El campo de investigación que ofrece estos compuestos es realmente interesante, ya que se ha comprobado que el fucoxantanol posee mayor actividad biológica que la molécula de la que proviene, es decir, la fucoxantina (Sun *et al.*, 2019).

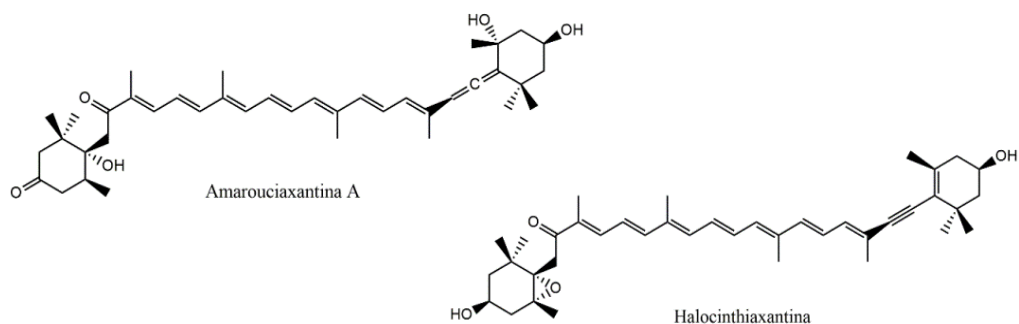


Figura 2. Estructura química de amarouciaxantina A y halocintiaxantina.

La fucoxantina es un metabolito secundario de las pardas pardas (Phaeophyceae) dentro de las cuales se destacan: *Sargassum siliquastrum*, *Phaeodactylum tricoratum*, *Cystoseira barbata*, *Sargassum fusiforme*, *Undaria pinnatifida*, *Himantalia elongate*, *Saccharina japonica* y *Sporochnus comosus* (European Bioinformatics Institute, 2019). Otras macroalgas marinas que también contienen fucoxantina en su composición son *Ascophyllum*, *Fucus*, *Laminaria*, *Pelvetia*, *Ecklonia*, *Eisenia*, *Ectocarpus*, *Schytosiphon*, *Petalonia*, *Carpophyllum*, *Hizikia*, *Padina*, *Dictyota*, *Myagropsis*, *Turbinaria*, *Cladosiphon*, y *Cystophora* (Ghannam & Shannon, 2018). La primera vez que se aisló este compuesto fue en 1914 de tres algas pardas (*Dictyota*, *Fucus* y *Laminaria*) en Alemania (Willstatter & Page, 1914). Sin embargo, actualmente, el alga que más se utiliza para la extracción de este compuesto es *Undaria pinnatifida* (Wakame) debido al alto contenido de este pigmento en la fracción lipídica que alcanza el 10% (Billakanti, Catchpole, Fenton, Mitchell, & Mackenzie, 2013). Además, la fucoxantina es el pigmento más abundante dentro del grupo de los carotenoides, llegando a representar más del 10% de la producción total de carotenoides (Miyashita *et al.*, 2011).

Actividades biológicas

En las últimas décadas, numerosos estudios han informado sobre la amplia gama de actividades biológicas de la fucoxantina, como la capacidad antioxidante, antiinflamatorios, antitumorales, anti obesidad, neuro protectores entre otros (Chuyen & Eun, 2017, Heo *et al.*, 2008).

Actividad antioxidante

Las excelentes propiedades antioxidantes de la fucoxantina contra el estrés oxidativo se conocen desde hace muchos años y numerosos estudios las han confirmado. El enlace alénico y el grupo funcional aceto presente en su estructura se consideran responsables de sus propiedades antioxidantes. (Liu, Liang, & Hu, 2011). Se ha demostrado que la fucoxantina tiene la capacidad de atrapar diferentes radicales libres, como DPPH, ABTS, peróxido de hidrógeno, radical hidroxilo, anión superóxido y oxígeno singlete, y también el ácido 12-doxil-esteárico y nitrobenzeno con ácido linoleico (Wang *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2011). La fucoxantina y su metabolito, el fucoxantol, han mostrado actividades antioxidantes atribuidas a la eliminación de radicales libres y la inactivación del oxígeno singlete *in vitro*. Se ha demostrado que la capacidad de atrapar radicales hidroxilo de fucoxantina y fucoxantol fue significativamente mayor a la que presentó el α -tocoferol, aunque la capacidad de inactivación de oxígeno singlete de fucoxantina y fucoxantol fue menor que la de β -caroteno. Es importante destacar que, la fucoxantina actúa como antioxidante en condiciones anóxicas, es decir, en condiciones de escaso oxígeno disuelto, mientras que otros carotenoides, como el β -caroteno y la luteína, muestran poca o ninguna actividad en estas condiciones extremas (Sachindra *et al.*, 2007, Neumann *et al.*, 2019).

Actividad anticancerígena

La fucoxantina se considera un carotenoide anticancerígeno y su actividad se ha demostrado contra una amplia gama de líneas celulares de cáncer, tanto en humanos como en animales. Varios estudios han informado que la fucoxantina ejerce diferentes mecanismos de acción contra el cáncer, como la inhibición de la proliferación celular, la detención del ciclo celular, el aumento de especies reactivas de oxígeno (ROS) intracelulares, la inducción de apoptosis y los efectos antiangiogénicos (Satomi, 2017).

Se ha descubierto que la fucoxantina inhibe el crecimiento e induce la apoptosis en el melanoma B16-F10, el hígado embrionario BNL CL.2 y las líneas celulares murinas de neuroblastoma Neuro2a (Chuyen & Eun, 2017, Satomi, 2017, Kumar, Hosokawa, & Miyashita,

2013, Kim *et al.*, 2012). Con respecto a las líneas celulares humanas, la fucoxantina afecta a un gran número de líneas celulares como las células de leucemia humana HL-60, las líneas celulares de adenocarcinoma colorrectal humano Caco-2, DLD-1 y HT-29, el carcinoma colorrectal humano HCT116, la célula de cáncer de próstata humano líneas PC-3, DU145 y LNCaP, cáncer de mama MCF-7 y MDA-MB-231, fibroblastos de cordón umbilical masculino humano HUC-Fm, cáncer de vejiga urinaria EJ-1, neuroblastoma humano GOTO, cáncer de hígado humano Hep G2, hepatoma SK- Hep-1 y línea celular de cáncer de pulmón H1299.

Con respecto a los estudios *in vivo*, se ha demostrado que la administración de fucoxantina en diferentes formas podría inhibir muchos tipos de cáncer. En ratones, la administración oral de fucoxantina redujo el crecimiento de carcinogénesis duodenal e hepática y también el número de focos de criptas aberrantes en colon sometido a 1,2-dimetilhidrazina y en ratones tratados con azoximetano (Kim *et al.*, 2012).

En consecuencia, los estudios *in vitro* e *in vivo* que usan fucoxantina y sus metabolitos demuestran que estos compuestos poseen efectos antiproliferativos significativos centrados en las células cancerosas. Esto hace que la fucoxantina sea un compuesto prometedor para controlar y tratar el cáncer.

Actividad antiinflamatoria

En un estudio llevado a cabo por Heo *et al.* (2010), se analizó el potencial antiinflamatorio que mostraba la fucoxantina aislada de un alga parda, *Myagropsis myagroides*, a través de la inhibición de la producción de óxido nítrico (NO), uno de los factores determinantes de la inflamación. La respuesta inflamatoria, reacción de autodefensa contra varios estímulos patógenos, se caracteriza por atraer grandes cantidades de leucocitos al área inflamada, en la que estas células inflamatorias son activadas por mediadores de inflamación y generan radicales de aniones superóxido y óxido nítrico, convirtiéndose en un proceso nocivo autodestructivo. Es por ello que los agentes antiinflamatorios deben reducir la respuesta inflamatoria al suprimir las producciones de citocinas inflamatorias y mediadores inflamatorios, incluidos el óxido nítrico y la prostaglandina E2 sintetizados por la enzima óxido nítrico sintasa y la ciclooxigenasa (Peng, Yuan, Wu, & Wang, 2011). Heo *et al.* (2010) demostraron los efectos inhibitorios de la fucoxantina sobre las citocinas inflamatorias y los mediadores en macrófagos RAW 264,7 estimulados por lipopolisacáridos. Estos autores mostraron que la fucoxantina inhibió las expresiones de óxido nítrico sintasa y ciclooxigenasa 2, y redujo los niveles de óxido nítrico, prostaglandina E2, factor de necrosis tumoral α , interleucina-1 β e interleucina-6 a través de la inhibición del factor nuclear κ B activación y la fosforilación de proteínas quinasas activadas por mitógeno.

En estudio reciente, Wang, Park, Jeon, & Ryu (2018) demostraron que tanto la fucoxantina como su metabolito primario, fucoxantinol, eran capaces de inhibir la producción de NO, disminuyendo la inflamación producida por obesidad. También concluyeron que hubo una inhibición significativa de las expresiones del ARNm de MCP-1, IL-6, inhibidor del activador de plasminógeno-1 (PAI-1), COX-2 e iNOS en 3 células de adipocitos T3-L1 y co-cultivos de macrófagos Raw 264,7 por parte de ambos compuestos, por lo que se amplían las posibilidades de conseguir resultados muy favorables e interesantes si se continúa indagando acerca de estos beneficiosos compuestos. Por lo tanto, estos resultados son promisorios sugiriendo que la fucoxantina podría presentar implicancias terapéuticas, ya que podría contribuir en resolver las problemáticas relacionadas a enfermedades inflamatorias.

Efecto neuroprotector

Se prevé que, de aquí a 20 años, las enfermedades neurodegenerativas se colocarán como la segunda causa de muerte en el mundo, superando, incluso, a las provocadas por el cáncer. Esta es una de las razones por las que muchos científicos e investigadores le han dado suma importancia a desarrollar estrategias y terapias neuroprotectoras para combatir esta problemática. La neuroprotección puede definirse como los mecanismos y procedimientos utilizados con el fin de proteger las células neuronales del sistema nervioso central contra posibles daños, apoptosis, pérdidas de función o degeneración acelerada. Las sustancias capaces de ejercer dichos efectos beneficiosos, son los agentes neuroprotectores, ya sean de origen natural o sintético. Sin embargo, y como también ocurre en otros campos, los compuestos sintéticos administrados con tal función suelen estar asociados a efectos secundarios como somnolencia, cansancio, sequedad bucal, desequilibrio, ansiedad o nerviosismo, entre otros. Es por ello que, la tendencia actual en el ámbito científico se basa en la búsqueda de compuestos naturales con capacidades neuroprotectoras, estudiando aquellas sustancias con potencial beneficioso. En este contexto, las algas son una fuente emergente de compuestos naturales con capacidades bioactivas capaces de generar neuroprotección (Pangestuti & Kim, 2011).

Okuzumi *et al.* (1990) demostraron que la fucoxantina extraída y aislada de *Hizikia fusiformis*, un alga parda ampliamente consumida en Korea, Japón y China, es capaz de producir una inhibición en la expresión de N-myc, una proteína proto-oncogen, así como la proliferación de las células GOT0, una línea celular responsable del neuroblastoma humano. Una cantidad de fucoxantina equivalente a 10^{-1} g/mL es suficiente para inhibir la tasa de crecimiento de tal línea celular (GOT0) en un 38%, disminuyendo la velocidad de progresión de dicha enfermedad neurodegenerativa. Sin embargo, aún no se conocen los mecanismos de acción de esta sustancia con exactitud, por lo que es necesario profundizar en esta área.

Por otro lado, la fucoxantina obtenida de Wakame (*U. pinnatifida*) también logró una disminución del daño celular de las neuronas corticales cuando se producen condiciones de hipoxia y reperfusión de oxígeno. Ya que durante estos procesos suele producirse una cantidad excesiva ROS, el mecanismo de acción de la fucoxantina se asociaría con una actividad captadora de radicales, produciendo un efecto antioxidante. Esto es especialmente interesante de cara a la protección de las neuritas, ya que son componentes muy importante de las neuronas, necesarios para el desarrollo neuronal durante el estado embrionario y también en el cerebro humano adulto (Khodosevich & Monyer, 2010).

Hu *et al.* (2018) estudió la activación de Nrf2 y sus genes diana y sus resultados muestran que la fucoxantina podría proteger el cerebro contra la lesión I/R. Estos autores mostraron que el estrés oxidativo se alivia significativamente con el tratamiento con fucoxantina, y la eliminación de Nrf2 bloqueó los efectos beneficiosos de la fucoxantina en las neuronas tratadas con OGD/R, lo cual indica que la fucoxantina podría inducir la activación de Nrf2/HO-1 y, por lo tanto, conducir a la atenuación del estrés oxidativo de la lesión cerebral I/R. Este estudio, además, indicó que el tratamiento con fucoxantina redujo de manera efectiva (oclusión de la arteria cerebral media) la lesión I/R cerebral inducida por MCAO y la apoptosis de las neuronas tratadas con OGD/R, y estos efectos fueron mediados en parte por la activación de Nrf2/HO-1. En conclusión, la fucoxantina podría usarse como un suplemento con gran potencial para combatir la lesión cerebral I/R en el futuro.

Zhang *et al.* (2017) también estudió los efectos neuroprotectores de la fucoxantina con un enfoque diferente. Estos autores examinaron la neuroprotección de la fucoxantina y el posible papel de las vías autofagia Nrf2-ARE y Nrf2- en los efectos neuroprotectores de la fucoxantina, en modelos *in vivo* e *in vitro* de lesión cerebral traumática (TBI). Los resultados de esta investigación sugieren que la fucoxantina proporcionó neuroprotección después de una lesión cerebral traumática, específicamente, mejoró el rendimiento neuroconductual, alivió el edema cerebral y disminuyó el volumen de la lesión. Además, el tratamiento con fucoxantina disminuyó la apoptosis inducida por TBI y el estrés oxidativo a través de la activación de las vías Nrf2-ARE y Nrf2-autofagia.

CONCLUSIONES

La creciente evidencia científica de estudios *in vitro* e *in vivo* demuestran que la fucoxantina tiene un gran potencial en la prevención de enfermedades o en el cuidado de la salud humana. A pesar del gran avance en la caracterización de sus posibles actividades biológicas, la ruta biosintética de la fucoxantina en las algas pardas aún no se comprende por completo. Por lo tanto, es necesaria una mayor profundización en esta área. Como carotenoide, la fucoxantina es un potente antioxidante que protege a las células del daño de los radicales libres. Una dieta rica

en fucoxantina podría ayudar a reducir la acumulación de grasa corporal y modular los niveles de glucosa e insulina en la sangre. La administración de fucoxantina demostró ser segura, sin efectos secundarios e incluso proporcionó otros beneficios para la salud, dentro de los cuales se incluyen una mejor protección cardiovascular, actividad inflamatoria, actividad anticancerígena y efecto neuroprotector. Además, ha demostrado ser un quelante efectivo de metales pesados y tóxicos. Estos hallazados convierten a la fucoxantina en un compuesto muy interesante para ser incluido en la formulación de alimentos funcionales o fármacos.

AGRADECIMIENTOS

A MICINN por el apoyo financiero para el investigador Ramón & Cajal de M.A. Prieto. A Xunta de Galicia y a la Universidad de Vigo por el apoyo financiero para el posdoctorado de María Fraga Corral (ED481B-2019/096). A Xunta de Galicia y a la Universidad de Vigo por el apoyo financiero a los investigadores predoctorales de A.G. Pereira y Paula G. Oliveira. A la Xunta de Galicia por el "Programa de axudas á etapa predoutoral de la Xunta de Galicia" para los investigadores predoctorales de A.G. Pereira y Paula G. Oliveira. A Xunta de Galicia por el apoyo financiero de Axudas Conecta Peme del Proyecto IN852A 2018/58 NeuroFood. Los autores también agradecen a Interreg España- Portugal por el apoyo financiero a través del proyecto 0377_Iberphenol_6_E.

REFERENCIAS

- Asai, A., Sugawara, T., Ono, H., & Nagao, A. (2004). Biotransformation of fucoxanthinol into amarouciaxanthin a in mice and HepG2 cells: Formation and cytotoxicity of fucoxanthin metabolites. *Drug Metabolism and Disposition*. <https://doi.org/10.1124/dmd.32.2.205>
- Billakanti, J. M., Catchpole, O. J., Fenton, T. A., Mitchell, K. A., & Mackenzie, A. D. (2013). Enzyme-assisted extraction of fucoxanthin and lipids containing polyunsaturated fatty acids from *Undaria pinnatifida* using dimethyl ether and ethanol. *Process Biochemistry*, 48(12), 1999–2008. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.09.015>
- Chuyen, H. Van, & Eun, J. (2017). Marine carotenoids: Bioactivities and potential benefits to human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(12):2600–2610. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1063477>
- D’Orazio, N., Gemello, E., Gammone, M. A., De Girolamo, M., Ficoneri, C., & Riccioni, G. (2012). Fucoxantin: A treasure from the sea. *Marine Drugs*. <https://doi.org/10.3390/md10030604>
- Dawczynski, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/>

j.foodchem.2006.09.041

European Bioinformatics Institute. (2019). fucoxanthin (CHEBI:5186).

Ghannam, N. A., & Shannon, E. (2018). Seaweed Carotenoid, Fucoxanthin, as Functional Food. In V. K. Gupta, H. Treichel, V. (Olga) Shapaval, L. A. de Oliveira, & M. G. Tuohy (Eds.), *Microbial Functional Foods and Nutraceuticals* (First Edit, pp. 39–64). John Wiley & Sons Ltd.

Hashimoto, T., Ozaki, Y., Taminato, M., Das, S. K., Mizuno, M., Yoshimura, K., ... Kanazawa, K. (2009). The distribution and accumulation of fucoxanthin and its metabolites after oral administration in mice. *British Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1017/S0007114508199007>

Heo, Soo-Jin; Ko, Seok-Chun; Kang, Sung-Myung; Kang, Hahk-Soo; Kim, Jong-Pyung; Kim, Soo-Hyun; Lee, Ki-Wan; Cho, Man-Gi; Jeon, Y.-J. (2008). Cytoprotective effect of fucoxanthin isolated from brown algae *Sargassum siliquastrum* against H₂O₂-induced cell damage. *European Food Research and Technology*, 228(1):145–151. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0918-7>

Heo, S. J., Ko, S. C., Kang, S. M., Kang, H. S., Kim, J. P., Kim, S. H., ... Jeon, Y. J. (2008). Cytoprotective effect of fucoxanthin isolated from brown algae *Sargassum siliquastrum* against H₂O₂-induced cell damage. *European Food Research and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0918-7>

Heo, S., Yoon, W., Kim, K., Ahn, G., Kang, S., Kang, D., Jeon, Y. (2010). Evaluation of anti-inflammatory effect of fucoxanthin isolated from brown algae in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264 . 7 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8–9):2045–2051. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.05.003>

Hu, L., Chen, W., Tian, F., Yuan, C., Wang, H., & Yue, H. (2018). Neuroprotective role of fucoxanthin against cerebral ischemic/reperfusion injury through activation of Nrf2/HO-1 signaling. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 106(1):1484–1489. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.07.088>

Kajikawa, T., Okumura, S., Iwashita, T., Kosumi, D., Hashimoto, H., & Katsumura, S. (2012). Stereocontrolled total synthesis of fucoxanthin and its polyene chain-modified derivative. *Organic Letters*. <https://doi.org/10.1021/ol203344c>

Khodosevich, K., & Monyer, H. (2010). Signaling involved in neurite outgrowth of postnatally born subventricular zone neurons in vitro. *BMC Neuroscience*. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-11-18>

Kim, K., Ahn, G., Heo, S., Kang, S., Kang, M., Yang, H., Jeon, Y. (2012). Inhibition of tumor growth in vitro and in vivo by fucoxanthin against melanoma B16F10 cells. *Environmental*

Toxicology and Pharmacology, 35(1), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.10.002>

- Kim, S. M., Shang, Y. F., & Um, B. H. (2011). A preparative method for isolation of fucoxanthin from *Eisenia bicyclis* by centrifugal partition chromatography. *Phytochemical Analysis*. <https://doi.org/10.1002/pca.1283>
- Kumar, S. R., Hosokawa, M., & Miyashita, K. (2013). Fucoxanthin: A Marine Carotenoid Exerting Anti-Cancer Effects by Affecting Multiple Mechanisms. *Marine Drugs*, 5130–5147. <https://doi.org/10.3390/md11125130>
- Liu, C., Liang, A., & Hu, M. (2011). Protective effects of fucoxanthin against ferric nitrilotriacetate-induced oxidative stress in murine hepatic BNL CL . 2 cells. *Toxicology in Vitro*, 25(7), 1314–1319. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2011.04.023>
- Maoka, T., Fujiwara, Y., Hashimoto, K., & Akimoto, N. (2007). Characterization of fucoxanthin and fucoxanthinol esters in the Chinese surf clam, *macra chinensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/jf063139n>
- Mikami, K., & Hosokawa, M. (2013). Biosynthetic pathway and health benefits of fucoxanthin, an algae-specific xanthophyll in brown seaweeds. *International Journal of Molecular Sciences*. <https://doi.org/10.3390/ijms140713763>
- Miyashita, K., Nishikawa, S., Beppu, F., Tsukui, T., Abe, M., & Hosokawa, M. (2011). The allenic carotenoid fucoxanthin, a novel marine nutraceutical from brown seaweeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(7), 1166–1174. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4353>
- Muradian, K., Vaiserman, A., Min, K. J., & Fraifeld, V. E. (2015). Fucoxanthin and lipid metabolism: A minireview. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25(10), 891–897. <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2015.05.010>
- Neumann, U., Derwenskus, F., Flister, V. F., Schmid-staiger, U., Hirth, T., & Bischo, S. C. (2019). Fucoxanthin , A Carotenoid Derived from *Phaeodactylum tricornutum* Exerts Antiproliferative and Antioxidant Activities In Vitro. *Antioxidants*, 8(6):183.
- Okuzumi, J., Nishino, H., Murakoshi, M., Iwashima, A., Tanaka, Y., Yamane, T., ... Takahashi, T. (1990). Inhibitory effects of fucoxanthin, a natural carotenoid, on N-myc expression and cell cycle progression in human malignant tumor cells. *Cancer Letters*. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(90\)90068-9](https://doi.org/10.1016/0304-3835(90)90068-9)
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2011). Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods*, 3(4):255–266. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.07.001>
- Peng, J., Yuan, J. P., Wu, C. F., & Wang, J. H. (2011). Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: Metabolism and bioactivities relevant to human health.

Marine Drugs, 9(10), 1806–1828. <https://doi.org/10.3390/md9101806>

- Rajauria, G., Foley, B., & Abu-Ghannam, N. (2017). Characterization of dietary fucoxanthin from *Himantalia elongata* brown seaweed. *Food Research International*, 99:995–1001. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.09.023>
- Sachindra, N. M., Sato, E., Maeda, H., Hosokawa, M., Niwano, Y., Kohno, M., & Miyashita, K. (2007). Radical scavenging and singlet oxygen quenching activity of marine carotenoid fucoxanthin and its metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/jf071848a>
- Saet, B. L., Joo, Y. L., Song, D. G., Pan, C. H., Chu, W. N., Min, C. K., Byung, H. U. (2008). Cancer chemopreventive effects of Korean seaweed extracts. *Food Science and Biotechnology*.
- Sangeetha, R. K., Bhaskar, N., Divakar, S., & Baskaran, V. (2010). Bioavailability and metabolism of fucoxanthin in rats: Structural characterization of metabolites by LC-MS (APCI). *Molecular and Cellular Biochemistry*. <https://doi.org/10.1007/s11010-009-0231-1>
- Satomi, Y. (2017). *Antitumor and Cancer-preventative Function of Fucoxanthin: A Marine Carotenoid*. 1562:1557–1562. <https://doi.org/10.21873/anticancer.11484>
- Sugawara, T., Baskaran, V., Tsuzuki, W., & Nagao, A. (2002). Brown Algae Fucoxanthin Is Hydrolyzed to Fucoxanthinol during Absorption by Caco-2 Human Intestinal Cells and Mice. *The Journal of Nutrition*. <https://doi.org/10.1093/jn/132.5.946>
- Sun, P., Wong, C. C., Li, Y., He, Y., Mao, X., Wu, T., ... Chen, F. (2019). A novel strategy for isolation and purification of fucoxanthinol and fucoxanthin from the diatom *Nitzschia laevis*. *Food Chemistry*, 277(November,2018):566–572. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.133>
- Wang, L., Park, Y. J., Jeon, Y. J., & Ryu, B. M. (2018). Bioactivities of the edible brown seaweed, *Undaria pinnatifida*: A review. *Aquaculture*, 495(May):873–880. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.079>
- Wang, X., Cui, Y., Qi, J., Zhu, M., Zhang, T., Cheng, M., & Liu, S. (2018). Fucoxanthin Exerts Cytoprotective Effects against Hydrogen Peroxide- induced Oxidative Damage in L02 Cells. *BioMed Research International*, 1–25. <https://doi.org/10.1155/2018/1085073>
- Willstatter, R., & Page, H. . (1914). Chlorophyll. XXIV. The pigments of the brown algae. *Justus Liebig's Annalen Der Chemie*, 3(404):237–271.
- Yamamoto, K., Ishikawa, C., Katano, H., Yasumoto, T., & Mori, N. (2011). Fucoxanthin and its deacetylated product, fucoxanthinol, induce apoptosis of primary effusion lymphomas. *Cancer Letters*. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2010.10.016>

- Zhang, H., Tang, Y., Zhang, Y., Zhang, S., Qu, J., Wang, X., ... Liu, Z. (2015). Fucoxanthin: A Promising Medicinal and Nutritional Ingredient. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2015/723515>
- Zhang, L., Wang, H., Fan, Y., Gao, Y., Li, X., Hu, Z., ... Wang, X. (2017). Fucoxanthin provides neuroprotection in models of traumatic brain injury via the Nrf2-ARE and Nrf2-autophagy pathways. *Scientific Reports*, 7(January), 1–15. <https://doi.org/10.1038/srep46763>

Sargassum muticum: Estudio para su valorización industrial en Galicia

P. García-Oliveira¹, C. Jiménez-López^{1,2}, A.G. Pereira^{1,2}, C. Lourenço-Lopes¹, M. Carpena¹, M. Fraga^{1,2}, M.A. Prieto¹, J. Simal-Gandara¹

¹Grupo de Nutrición y Bromatología, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Vigo, Campus de Ourense, E32004 Ourense, Spain. ²Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

✉ jsimal@uvigo.es; mprieto@uvigo.es

RESUMEN

El número de especies marinas invasoras ha aumentado considerablemente en las últimas décadas, causando graves problemas ambientales. En Galicia, la invasión del alga *Sargassum muticum* está provocando enormes cambios en los ecosistemas, desplazando a las especies autóctonas y reduciendo la biodiversidad. Además, acarrea graves pérdidas económicas a los sectores pesquero y turístico gallegos. Pese a todo, no existe una medida de erradicación efectiva. En la actualidad, numerosos estudios abalan las interesantes propiedades beneficiosas que poseen diversos extractos y biomoléculas extraídas de esta especie invasora, destacando sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antitumorales, tanto *in vitro* como en modelos animales y humanos. Además, se trata de un alga comestible que podría ser interesante incorporar en la dieta, ya que presenta excelentes valores nutricionales. Teniendo en cuenta estos resultados, la retirada de las aguas gallegas de *S. muticum* podría estar ligada a propósitos comerciales, pudiendo ser empleada en la industria alimentaria, cosmética e incluso farmacéutica.

Palabras clave: *Sargassum muticum*, invasora, re-valorización, propiedades beneficiosas, interés industrial

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el número de especies de macroalgas marinas invasoras introducidas por la acción humana en ecosistemas ajenos a su área de distribución ha aumentado considerablemente (Pinteus *et al.*, 2018; Incera *et al.*, 2011). La proliferación de las algas invasoras está estrechamente ligada con la globalización y el cambio climático, pero también con actividades económicas humanas, relacionadas con la acuicultura o el turismo (Pinteus *et al.*, 2018). Estas especies causan un grave impacto ambiental, ya que reduce la biodiversidad y provoca cambios en las redes tróficas de los ecosistemas marinos que invaden (Pinteus *et al.*, 2018; Incera *et al.*, 2011). En la región de Galicia, situada en el noroeste de España, una de las

especies de macroalgas invasora es el alga parda *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt (Clase *Phaeophyceae*, Familia *Sargassaceae*). Dicha alga, conocida en Galicia como sargazo, es originaria de las costas de Japón y se estima que fue introducida en la costa atlántica europea en la década de los 70, siendo las primeras observaciones en la costa gallega en 1986 (Incera *et al.*, 2011). Desde el año 2006, numerosos periódicos gallegos han hecho eco de la aparición e incluso “plaga” de esta alga invasora en los ecosistemas marinos de la región. Muchos documentan que su presencia desplaza a las especies autóctonas y pone en peligro la biodiversidad del litoral gallego, debido a su rápido crecimiento. *S. muticum* puede reproducirse sexualmente y vegetativamente, es decir, a partir de cualquier fragmento (Pinteus *et al.*, 2018), formando matas de gran tamaño en poco tiempo. Estas matas reducen el espacio y la dispersión de la luz y los nutrientes en el agua marina e incluso anoxia (Pinteus *et al.*, 2018, Incera *et al.*, 2011, monografías). Bajo estas condiciones, las especies autóctonas no pueden sobrevivir y son desplazadas, alterando gravemente el ecosistema (Pinteus *et al.*, 2018, Bañón Díaz, 2012).

Además de los efectos negativos en los ecosistemas naturales gallegos, *S. muticum* afecta al sector pesquero, ya que las matas pueden dificultar el tráfico de embarcaciones, atascar tuberías, deteriorar aparejos pesqueros (informe; Incera *et al.*, 2011; Bañón Díaz, 2012) e incluso dificultar la explotación de algunas especies de bivalvos, como la ostra o las almejas, que se realiza en zonas costeras (informe). En la hemeroteca de los periódicos gallegos, las noticias de la retirada de inmensas cantidades de *S. muticum* por parte de pescadores y mariscadores son frecuentes. Generalmente, estas algas recogidas son usadas posteriormente como abono. Por otro lado, *S. muticum* tiene efectos negativos sobre turismo gallego. Las matas entorpecen la realización de algunos deportes, como el buceo, y la navegación de embarcaciones recreativas. Asimismo, el oleaje arrastra las matas y las deposita en las playas, donde se descomponen y son desagradables para los turistas (informe, Bañón Díaz, 2012). Debido a esta situación, muchos ayuntamientos contratan servicios de limpieza para retirar los restos de las playas y evitar la disminución del turismo.

Pese a todos los efectos negativos que esta especie invasora causa, pocos intentos se han llevado a cabo para erradicarla o para limitar su expansión. Como mecanismos para limitar su extensión, se recomienda evitar la importación de organismos donde *S. muticum* esté presente, así como limpiar las embarcaciones (Bañón Díaz, 2012, informe). Para su erradicación del medio marino, el método más convencional es la recogida manual (Pinteus *et al.*, 2018, Bañón Díaz, 2012). Sin embargo, este método consume demasiado tiempo, consume muchos recursos (barcos, combustible, etc.) y poco eficiente, ya *S. muticum* se reproduce vegetativamente a partir de los tallos que puedan quedar en agua (Pinteus *et al.*, 2018, Bañón Díaz, 2012). En consecuencia, la eliminación de esta especie de las aguas gallegas puede acarrear gastos inasequibles si no se obtiene un beneficio económico de la misma (Pinteus *et al.*, 2018). Otros métodos para su eliminación son el uso de herbicidas, la retirada mediante corte y aspiración e

incluso el control biológico, pero ninguno de ellos ha resultado eficaz, debido al rápido crecimiento del alga (Pinteus *et al.*, 2018, Bañón Díaz, 2012).

La recogida de *S. muticum* para propósitos comerciales podría ser una alternativa eficiente. En los últimos años numerosos estudios han demostrado que *S. muticum* es una excelente fuente de compuestos bioactivos, como el fucoidan, florotaninos (compuestos fenólicos exclusivos de las algas marinas, especialmente presentes en las algas pardas), fucoxantina, y también ácidos grasos. Muchos de estos compuestos presentan propiedades antioxidantes, antiinflamatorias e incluso antitumorales, entre otras, que pueden ser de interés para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica (Casas *et al.*, 2019; Flórez-Fernández *et al.*, 2019; Montero *et al.*, 2016). Por otro lado, *S. muticum* es un alga comestible, con lo que podría ser incorporada en la dieta como alimento funcional, debido a que presenta buenos valores nutricionales y compuestos que aportan beneficios para la salud (Milledge *et al.*, 2016, Rodrigues *et al.*, 2015).

Propiedades antioxidantes

En los últimos años, se han comenzado a estudiar las propiedades antioxidantes de los extractos y biomoléculas de *S. muticum*, debido a que existe una demanda cada vez más elevada de antioxidantes naturales que sustituyan a los antioxidantes comerciales en alimentos y cosméticos, para alargar su vida útil y aumentar el valor añadido (Milledge, 2016; Balboa *et al.*, 2014). En muchos casos, la capacidad observada de los extractos de *S. muticum* está relacionada con la presencia de compuestos fenólicos, un variado grupo de metabolitos secundarios presentes tanto en las plantas como en las algas. Entre las muchas propiedades que se poseen, destacan sus excelentes propiedades antioxidantes (Klejdus *et al.*, 2017, Balboa *et al.*, 2014). En *S. muticum*, los compuestos fenólicos mayoritarios son el ácido p-hydroxybenzoico, el ácido gálico, 4-hidroxibenzaldehído, y el ácido vanílico, entre otros (Klejdus *et al.*, 2017).

Diferentes extractos de *S. muticum* se han analizado para comprobar sus propiedades antioxidantes. Por ejemplo, los extractos etanólicos y metanólicos de *S. muticum* poseen actividad reductora del 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH), con un EC₅₀ de 457.1 µg/ml y un EC₅₀ de 56.6 µg/mL para cada extracto respectivamente (Pinteus *et al.*, 2017b; Farvin & Jacobsen, 2013, Namvar *et al.*, 2013). Además, estos extractos presentan capacidad quelante de Fe²⁺ (Farvin & Jacobsen, 2013, Namvar *et al.*, 2013). Un posterior análisis de la composición química de los extractos reveló que los compuestos fenólicos estaban estrechamente ligados a la capacidad antioxidante (Pinteus *et al.*, 2017b, Farvin & Jacobsen, 2013, Namvar *et al.*, 2013). El contenido total de compuestos fenólicos presente en el extracto etanólico fue de 114.9 mg/100 g de alga seca, y de 71.69 mg/100 g de alga seca para el extracto metanólico (Pinteus *et al.*, 2017b, Farvin & Jacobsen, 2013).

Algunos estudios también han comprobado la capacidad antioxidante en cultivos celulares *in vitro*. Recientemente, Pinteus *et al.*, (2017a) evaluaron la capacidad antioxidante de diferentes fracciones de *S. muticum* en la línea celular de cáncer de mama MCF-7 expuesta a H₂O₂ para inducir condiciones de estrés oxidativo. Los resultados mostraron que las fracciones más ricas en compuestos fenólicos redujeron significativamente los signos de estrés oxidativo. En el estudio de Piao *et al.*, (2014), la extracción de *S. muticum* fue realizada con acetato de etilo y se evaluó en queratinocitos humanos HaCaT *in vitro* sometidos al estrés inducido por la exposición a radiación UVB. El extracto redujo significativamente los indicadores de estrés oxidativo sin causar ningún efecto citotóxico observable en las células (Piao *et al.*, 2014). En Balboa *et al.* (2014), extractos de *S. muticum* mostraron propiedades antioxidantes *in vitro* muy similares a los antioxidantes comerciales añadidos en la formulación de cosméticos. Además, se comprobó que el uso tópico de estos extractos es seguro, pues no se observaron efectos irritantes en epidermis humana reconstituida *in vitro*.

Por último, un meroterpeno aislado de *S. muticum* se testó en fibroblastos humanos irradiados con UVA. Este compuesto atenuó los efectos adversos de radiación, disminuyendo la producción intracelular de especies reactivas del oxígeno de forma comparable al ácido retinoico, un antioxidante ampliamente conocido y empleado (Balboa *et al.*, 2015).

Propiedades anti-inflamatorias

En cuanto a su actividad anti-inflamatoria, estudios realizados *in vitro* y modelos *in vivo* abalan que diversos extractos y biomoléculas extraídas de *S. muticum* poseen la capacidad de reducir esta respuesta fisiológica, por lo que podrían ser de interés en el tratamiento de enfermedades inflamatorias crónicas, como la artritis reumatoide, y de distintos tipos de cánceres (Heo *et al.*, 2010).

Diversos extractos de *S. muticum* fueron testados en macrófagos murinos RAW 264.7 *in vitro* sometidos a lipopolisacárido (LPS) (Heo *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2014). El LPS es una molécula presente en la pared de las bacterias Gram – que induce la respuesta inflamatoria de los macrófagos. Los resultados obtenidos indican que los extractos de *S. muticum* reducen la producción de moléculas pro-inflamatorias de manera directamente proporcional a la dosis empleada sin que se observe ningún efecto citotóxico sobre las células (Heo *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2014). En Heo *et al.*, 2010, se realizó la identificación del compuesto activo de los efectos anti-inflamatorios, siendo el responsable de la acción la fucoxantina. También se ha comprobado que el compuesto denominado Apo-9'-fucoxanthinone aislado de *S. muticum* tiene efectos similares a los de la fucoxantina en macrófagos RAW 264.7 y en células dendríticas (Han *et al.*, 2016; Milledge, 2016).

En el estudio de Casas *et al.* (2019) diferentes extractos de *S. muticum* modularon efectivamente la respuesta oxidativa de neutrófilos humanos, inhibiendo la producción de especies reactivas oxígeno y prostaglandinas. Por otro lado, *S. muticum* también presenta efectos anti-inflamatorios en modelos *in vivo*. Recientemente, se ha comprobado que los extractos etanólicos de esta alga redujeron los niveles de moléculas pro-inflamatorias en ratas modelo de diabetes mellitus y ratones modelo de artritis (Jeon *et al.*, 2019, Safhi *et al.*, 2019). La fucoxantina y la apo-9'-fucoxanthinone también reducen la respuesta anti-inflamatoria en ratones obesos y ratones con dermatitis atópica, respectivamente (Han *et al.*, 2016, Milledge 2016). En ninguno de los modelos se observó toxicidad alguna.

Propiedades antitumorales

Las propiedades anticancerígenas de *S. muticum* se han comprobado en una gran variedad de líneas celulares tumorales, tanto animales como humanas (Pinteus *et al.*, 2018). Empezando por los extractos, se ha comprobado que poseen efectos inhibitorios y citotóxicos contra las líneas celulares de leucemia linfocítica de ratón L1210 y melanoma B16F10 y contra las líneas celulares humanas de carcinoma de colon, adenocarcinoma de pulmón, cáncer de pecho y liposarcoma, entre otras (Casas *et al.*, 2019; Casas *et al.*, 2016; Namvar *et al.*, 2013; Pinteus *et al.*, 2018).

Por otro lado, algunas biomoléculas extraídas de esta especie invasora también han demostrado exhibir propiedades antitumorales. Por ejemplo, el polisacárido alginato, presente en la pared celular de *S. muticum*, se ha verificado en las siguientes líneas tumorales humanas: A549 (adenocarcinoma epitelial de pulmón), HCT- 116 cells (carcinoma de colon), PSN1 (adenocarcinoma pancreático) y T98G (glioblastoma) (Flórez-Fernández *et al.* 2019). Los resultados del ensayo de MTT indicaron efectos citotóxicos directamente proporcionales a la dosis empleada, especialmente en las dos primeras líneas (Flórez-Fernández *et al.*, 2019). En el estudio de Montero *et al.* (2016), los florotaninos de *S. muticum* manifestaron actividad antiproliferativa contra las células de adenocarcinoma de colon HT-29, siendo las muestras más ricas en florotaninos las que mayor actividad exhibieron. Por último, Álvarez-Viñas *et al.* (2019), testaron diferentes fracciones del fucoidan extraído de *S. muticum* en diferentes líneas cancerígenas. La fracción de 10–30 kDa mostró un IC₅₀ de 44.4 mg/L contra las células HeLa 229 de cáncer de cuello uterino. Por otro lado, las fracciones de 100 a < 5kDa fueron efectivas contra células A2780 de cáncer de ovario Álvarez-Viñas *et al.* (2019).

Uso alimentario

Las algas comestibles, entre ellas *S. muticum*, se han consumido desde la antigüedad, especialmente en países orientales, pero en los últimos años su consumo se ha extendido en

occidente. En general, las algas tienen un bajo contenido calórico y son ricas en polisacáridos, proteínas, fibra, bajo contenido en colesterol, vitaminas y minerales (Rodrigues *et al.*, 2015). En concreto, *S. muticum* presenta un gran contenido en minerales, como Fe, Ca, K y Mg, por lo que podría emplearse como suplemento alimenticio en dietas para solucionar problemas de deficiencia de minerales (Rodrigues *et al.*, 2015). En cuanto a azúcares y proteína, su contenido se estima en 49.3 g y 16.9 g por cada 100 g de alga, respectivamente. Además, también presenta grandes cantidades de compuestos fenólicos, ácido α -linoleico, ácidos gulurónico y manurónico y algunos microelementos, como B, Zn, Mn, Fe and Al (Rodrigues *et al.*, 2015). Además, algunos estudios sugieren que *S. muticum* es un alimento nutracéutico para la prevención y tratamiento del cáncer, pues como se ha descrito anteriormente, posee compuestos con actividad antioxidante, anticancerígena, entre otras propiedades (Milledge *et al.*, 2016). En un estudio, *S. muticum* se empleó como suplemento alimenticio y los resultados mostraron que produjo una reducción del 14% de la lipoproteína de baja densidad presente en la sangre de los voluntarios, así como un aumento del número de linfocitos NK (Milledge *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

El alga invasora *Sargassum muticum* se ha instalado en las costas gallegas, donde altera gravemente el ecosistema y la biodiversidad marina. La explotación comercial de esta especie es una posibilidad para valorizar su eliminación del medio marino. Numerosos estudios apoyan las propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas de los extractos y determinados compuestos extraídos de *S. muticum*, tanto mediante ensayos *in vitro* como en modelos animales y humanos. Además, se trata de un alga comestible de excelente valor nutricional y que puede aportar beneficios para la salud de los consumidores. Por lo tanto, esta alga puede servir a diferentes industrias, como la alimentaria, cosmética y farmacéutica, pudiéndose obtener un gran beneficio económico a partir de un problema ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al comité IX FIRMA por aceptar mi trabajo para ser anexado en las memorias del congreso. Al MICINN por el soporte financiero del investigador Ramón&Cajal M.A. Prieto. A la Xunta de Galicia por el soporte económico de las investigadoras pre-doctorales A.G Pereira y P. García Oliveira. Por último, agradecer a la Xunta de Galicia como el plan de Axudas Conecta Peme del proyecto IN852A 2018/58 NeuroFood.

REFERENCIAS

Álvarez-Viñas, M., Flórez-Fernández, N., González-Muñoz, M. J., & Domínguez, H. (2019). Influence of molecular weight on the properties of *Sargassum muticum* fucoidan. *Algal*

research, 38:101393.

- Balboa, E. M., Li, Y. X., Ahn, B. N., Eom, S. H., Domínguez, H., Jiménez, C., Rodríguez, J. (2015). Photodamage attenuation effect by a tetraprenyltoluquinol chromane meroterpenoid isolated from *Sargassum muticum*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 148:51-58.
- Balboa, E. M., Soto, M. L., Nogueira, D. R., González-López, N., Conde, E., Moure, A., Vinardell, M.P., Mitjans, M., Domínguez, H. (2014). Potential of antioxidant extracts produced by aqueous processing of renewable resources for the formulation of cosmetics. *Industrial Crops and Products*, 58:104-110.
- Bañón Díaz, R. (2012). Introducción al estudio de las especies exóticas marinas en Galicia. *Revista Galega dos Recursos Mariños* (Monog.), 3:1-67.
- Casas, M. P., Conde, E., Domínguez, H., Moure, A. (2019). Ecofriendly extraction of bioactive fractions from *Sargassum muticum*. *Process biochemistry*, 79:166-173.
- Casas, M. P., Rodríguez-Hermida, V., Pérez-Larrán, P., Conde, E., Liveri, M. T., Ribeiro, D., Fernandes, E., Domínguez, H. (2016). In vitro bioactive properties of phlorotannins recovered from hydrothermal treatment of *Sargassum muticum*. *Separation and purification technology*, 167:117-126.
- Farvin, K. S., Jacobsen, C. (2013). Phenolic compounds and antioxidant activities of selected species of seaweeds from Danish coast. *Food chemistry*, 138(2-3):1670-1681.
- Flórez-Fernández, N., Domínguez, H., Torres, M. D. (2019). A green approach for alginate extraction from *Sargassum muticum* brown seaweed using ultrasound-assisted technique. *International journal of biological macromolecules*, 124:451-459.
- Han, S. C., Kang, N. J., Yoon, W. J., Kim, S., Na, M. C., Koh, Y. S., Hyun, J. W., Lee, N. H., Ko, M. H., Kang, H. K., Yoo, E. S. (2016). External Application of Apo-9'-fucoxanthinone, Isolated from *Sargassum muticum*, Suppresses Inflammatory Responses in a Mouse Model of Atopic Dermatitis. *Toxicological research*, 32(2):109.
- Heo, S. J., Yoon, W. J., Kim, K. N., Ahn, G. N., Kang, S. M., Kang, D. H., Affan, A., Oh, C., Jung, W. K., Jeon, Y. J. (2010). Evaluation of anti-inflammatory effect of fucoxanthin isolated from brown algae in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9):2045-2051.
- Incera, M., Olabarria, C., Cacabelos, E., César, J., Troncoso, J. S. (2011). Distribution of *Sargassum muticum* on the North West coast of Spain: relationships with urbanization and community diversity. *Continental Shelf Research*, 31(5):488-495.

- Jeon, H., Yoon, W. J., Ham, Y. M., Yoon, S. A., Kang, S. C. (2019). Anti-Arthritis Effect through the Anti-Inflammatory Effect of *Sargassum muticum* Extract in Collagen-Induced Arthritic (CIA) Mice. *Molecules*, 24(2):276.
- Klejduš, B., Plaza, M., Šnóblová, M., & Lojtková, L. (2017). Development of new efficient method for isolation of phenolics from sea algae prior to their rapid resolution liquid chromatographic–tandem mass spectrometric determination. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 135:87-96.
- Milledge, J. J., Nielsen, B. V., Bailey, D. (2016). High-value products from macroalgae: the potential uses of the invasive brown seaweed, *Sargassum muticum*. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 15(1): 67-88.
- Recursos Marinos y Pesquerías (2007). Invasión del Alga *Sargassum muticum* en Galicia: Alcance y Factores que Afectan a su Expansión. Texto Incera, M. In: Recursos Marinos y Pesquerías. A Coruña (Spain) [en línea] 31 Septiembre 2019: (<http://recursosmarinos.udc.es/projects/invasion-del-alga-sargassum-muticum-en-galicia-alcance-y-factores-que-afectan-a-su-expansioninvasion-da-alga-sargassum-muticum-en-galicia-alcance-e-factores-que-afectan-a-sua-expansioninvasion-of-t>)
- Montero, L., Sánchez-Camargo, A. P., García-Cañas, V., Tanniou, A., Stiger-Pouvreau, V., Russo, M., Rastrelli, L., Cifuentes, A., Herrero, M., Ibáñez, E. (2016). Anti-proliferative activity and chemical characterization by comprehensive two-dimensional liquid chromatography coupled to mass spectrometry of phlorotannins from the brown macroalga *Sargassum muticum* collected on North-Atlantic coasts. *Journal of Chromatography A*, 1428:115-125.
- Namvar, F., Mohamad, R., Baharara, J., Zafar-Balanejad, S., Fargahi, F., Rahman, H. S. (2013). Antioxidant, antiproliferative, and antiangiogenesis effects of polyphenol-rich seaweed (*Sargassum muticum*). *BioMed research international*, 2013.
- Piao, M. J., Kim, K. C., Zheng, J., Yao, C. W., Cha, J. W., Boo, S. J., Yoon, W. J., Kang, H. K., Yoo, E. S., Koh, Y. S., Ko, M. H., Lee, N. H., Hyun, J. W. (2014). The ethyl acetate fraction of *Sargassum muticum* attenuates ultraviolet B radiation-induced apoptotic cell death via regulation of MAPK-and caspase-dependent signaling pathways in human HaCaT keratinocytes. *Pharmaceutical biology*, 52(9):1110-1118.
- Pinteus, S., Lemos, M. F., Alves, C., Neugebauer, A., Silva, J., Thomas, O. P., Botana, L. M., Gaspar, H., Pedrosa, R. (2018). Marine invasive macroalgae: Turning a real threat into a major opportunity-the biotechnological potential of *Sargassum muticum* and *Asparagopsis armata*. *Algal research*, 34:217-234.
- Pinteus, S., Lemos, M., Silva, J., Alves, C., Neugebauer, A., Freitas, R., Duarte, A., Pedrosa, R. (2017). An insight into *Sargassum muticum* cytoprotective mechanisms against oxidative stress on a human cell in vitro model. *Marine drugs*, 15(11):353.

- Pinteus, S., Silva, J., Alves, C., Horta, A., Fino, N., Rodrigues, A. I., Mendes, S., Pedrosa, R. (2017). Cytoprotective effect of seaweeds with high antioxidant activity from the Peniche coast (Portugal). *Food chemistry*, 218:591-599.
- Rodrigues, D., Freitas, A. C., Pereira, L., Rocha-Santos, T. A., Vasconcelos, M. W., Roriz, M., Rodríguez-Alcalá, L. M., Gomes, A. M. P., Duarte, A. C. (2015). Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food chemistry*, 183:197-207.
- Safhi, M. M., Alam, M. F., Sivakumar, S. M., Anwer, T. (2019). Hepatoprotective Potential of *Sargassum muticum* against STZ-Induced Diabetic Liver Damage in Wistar Rats by Inhibiting Cytokines and the Apoptosis Pathway. *Analytical Cellular Pathology*, 2019.
- Yang, E. J., Moon, J. Y., Kim, S. S., Yang, K. W., Lee, W. J., Lee, N. H., Hyun, C. G. (2014). Jeju seaweeds suppress lipopolysaccharide-stimulated proinflammatory response in RAW 264.7 murine macrophages. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4(7):529-537.

Identificación de peligros

Se identifican peligros físicos, químicos y biológicos.

Evaluación de riesgos

Se analiza la probabilidad de la ocurrencia de un evento adverso.

Gestión de riesgos

Se propone un plan de medidas para reducir los riesgos de ocurrencia de cada evento

Tabla 1. Identificación de peligros y Evaluación de riesgos

Etapas del proceso	Riesgo identificado	Valoración de riesgos			Medidas preventivas	Procedimientos a elaborar
		Probabilidad	Consecuencia	Significativo	BPAC	
Preparación de tanques	Presencia de hongos, mohos, levaduras	Alta	Extremadamente dañino	Intolerable	Desinfección del tanque	Plan mensual
Preparación de blowers	Presencia de bacterias, hongos	Alta	Extremadamente dañino	Intolerable	Desinfección de tuberías, filtros	Plan mensual
Preparación de siembra de nauplios	Condiciones de temperatura	Alta	Extremadamente dañino	Intolerable	Control operativo de caldero	Plan semestral
	Presencia de bacterias, hongos, vibrios	Alta	Extremadamente dañino	Intolerable	Inocuidad del agua	Análisis bacteriológico
Preparación de microalgas	Iluminación de cepas	Alta	Extremadamente dañino	Intolerable	Mantenimiento de luminarias	Plan mensual



Tabla 2. Gestión de riesgos

Determinación de los puntos y límites críticos de control (PCC y LCC)								
Etapas del proceso	Riesgo	Puntos de control	¿Existen medidas de control preventivas?	¿La etapa está pensada específicamente para eliminar la probable presencia de un peligro o reducirla a un nivel aceptable?*	¿Se podría producir contaminación por peligros identificados por encima de los niveles aceptables, o podrían estos crecer a niveles inaceptables?	¿Una etapa subsiguiente eliminará los peligros identificados o reducirá su aprobación probable a niveles aceptables?	PCC	LCC
Preparación de tanques	Presencia de hongos, mohos, levaduras	Desinfección del tanque	si	no	si	no	si	1000 ppm de Cl/ton de agua, 500 ppm de vitamina C/1,5 ton de agua, 800 ppm de ácido cítrico/1,5 ton de agua
Preparación de blowers	Presencia de bacterias, hongos	Desinfección de tuberías, filtros	si	si			si	Garantiza el abastecimiento continuo de aire (5mg/lit)
Preparación de siembra de nauplios	Condiciones de temperatura	Control operativo de caldero	si	no			si	Control de temperatura del agua 30-33 °C
	Presencia de bacterias, hongos, vibrios	Inocuidad de agua	si	si			si	Ausencia de bacterias, hongos, vibrios
Preparación de microalgas	Iluminación de cepas	Mantenimiento de luminarias	si	si			si	Abastecimiento continuo de energía eléctrica

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación del análisis de riesgos hace con la finalidad de implementar un programa de bioseguridad que ayude a reducir la mortalidad de postlarvas de camarón en laboratorios de producción acuícola en Ecuador (Tabla 3).

Tabla 3. Gestión de riesgos en laboratorios de postlarvas de camarón

Plan HACCP								
PCC	Peligro significativo	LCC	Vigilancia				Acciones correctivas	Registro
			Qué?	Cómo?	Frecuencia	Quién?		
Desinfección del tanque	Presencia de hongos, mohos, bacterias	1000 ppm de Cl/ton de agua, 500 ppm de vitamina C/1,5 ton de agua, 800 ppm de ácido cítrico/1,5 ton de agua	Dosificación de cloro, ácido cítrico y vitamina C	Disuelto en agua	Cada estado de cultivo de postlarvas	Auxiliar de larvas	Eliminar patógenos, si es necesario agregar mas dosificación	Control de dosificación de cloro, ácido cítrico y vitamina C
Mantenimiento de blowers	Falta de aire	Abastecimiento de aire (5-7 mg/lit)	Dosificación de aire	Con el blowers y tanque de oxígeno	Continua	Auxiliar de larvas	En caso de paro del blowers, poner en funcionamiento el blowers emergente	Registro de cambio de blowers por avería
Desinfección de tuberías, tanques, filtros, entorno	Presencia de hongos, mohos	Ausencia de hongos y mohos	Higiene de tubería y estanques	Procedimiento de higiene	Cada nueva corrida	Auxiliar de larvas	Verificar y validar la higiene	Registro de higiene en tubería y tanques
Control de operación de caldero	Descenso o aumento de temperatura	Temperatura del agua del tanque (30-33 C)	Monitoreo de temperatura	Uso de termometro	Cada hora	Auxiliar de larvas	Reporte de fallas en caldero	Registro de tiempos de falla
Control del suministro de energía eléctrica	Iluminación de cepas de microalgas	Suministro de iluminación (300 luxes)	Abastecimiento de energía eléctrica	Con generador emergente	cuando se interrumpe el fluido eléctrico	Jefe de mantenimiento	Mantenimiento de generador	Registro de funcionamiento

Al implementar un programa de bioseguridad basado en análisis de riesgos en laboratorios de producción de larvas de camarón, se debe analizar su factibilidad económica. Dentro de los indicadores económicos de esta propuesta se tiene que la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 699%. Este valor es comparado con la Tasa de Bonificación (TB) considerando un 10%.

En este caso, la TIR es mayor que la TB, por lo que analizando este parámetro se plantea aceptado el proyecto. La determinación del Valor Actual Neto (VAN) da un valor de 2056,18 USD siendo mayor que la inversión primaria realizada en el proceso de producción de postlarvas, valorado en 81 800 USD, siendo un elemento aceptado en el proyecto. El tercer indicador analizado es el periodo de recuperación que en este caso es de un año, al ser menor que 5 años se puede plantear que es aceptado este plan de mejoramiento bajo la normativa HAPPC.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar programas de bioseguridad basados en análisis de riesgos para reducir las pérdidas por enfermedades o mortalidad en los laboratorios de postlarvas de camarón.

- Deben monitorearse constantemente los parámetros físicos, químicos y biológicos en los cultivos de postlarvas para mantener condiciones óptimas de cultivo.

- Se debe generar la documentación necesaria con el fin de tener trazabilidad en los procedimientos de bioseguridad.

AGRADECIMIENTO

Al grupo de investigación: Biología y cultivo de equinodermos.

REFERENCIAS

Cuellar J., Lara J. (2010). Manual de Buenas prácticas de manejo, para cultivo de camarón blanco. Recuperado el 20 noviembre de 2017 de: <http://aquaticcommons.org/16644/1/86.%20Various%20Institutions.%20MBP%202010%5B1%5D.pdf>.

FAO (1997), *Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control*. 22º período de sesiones de la Comisión del Codex Alimentarius. Suiza: Ginebra. Recuperado el 10 de octubre de 2017 de: http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/opac3/verdetalle.php?idobra=35298&searchType=desc_ppales_anadoc,desc_post_anadoc,desc_prop_anadoc&cc=2&searchText=Tesis%20y%20disertaciones%20ac%20emicas&sortBy=default&sfrase=default

FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma: Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Obtenido de Obtenido de: <http://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.Pdf>

- Kenny, M., & Costarrica, M. D. L. (2007). Directrices Fao/oms para los gobiernos sobre la aplicación del sistema de APPCC en empresas alimentarias pequeñas y/o menos desarrolladas. Recuperado el 15 de octubre de 2017 de: <https://ebookcentral-proquest-com.bibliotecavirtual.udla.edu.ec>
- OIE (2019). Código Sanitario para los animales acuáticos. Obtenido de: http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/aahc/current/chapitre_import_risk_analysis.pdf
- Villamar C. (2004). Programa de bioseguridad para cría de camarón orgánico (2004). Recuperado el 12 de diciembre de 2017 de: <http://docplayer.es/31519268-Programa-de-bioseguridad-para-la-cria-de-camaron-organico-litopenaeus-Vannamei-en-cautiverio.html>
- Yoong, F., & Reinoso, B. (2000). SITUACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA DE VIRUS MANCHA BLANCA (WSSV) EN EL CULTIVO DEL CAMARÓN EN ECUADOR (NOV. 1999). Guayaquil, Ecuador x: Instituto Nacional de la Pesca. Obtenido de <http://institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2017/07/Presencia-de-Virus-Mancha-Blanca.pdf>

Variación de la calidad de agua en el estuario del río Chone, Manabí, Ecuador

Johnny M. Delgado Mera, Roberto Retamales, Luz Marina Soto Quintana, Rodolfo Patricio Panta Vélez, Vanessa Acosta de Matheus, Carlos L. López Lozada.

Escuela de Acuicultura y Pesquerías, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí.

✉: jdelgado@utm.edu.ec; johnnydelgadomera@hotmail.com.

RESUMEN

El Estuario del río Chone ha experimentado un enorme crecimiento en la producción y explotación de especies de cultivo por el desarrollo de granjas camaroneras en sus riberas que ha afectado la calidad de sus aguas. La calidad del agua fue examinada durante períodos de lluvia y sequía en cuatro estaciones a lo largo del Estuario del Río Chone, Manabí, Ecuador. Este estuario recibe aportes llevó a cabo este estudio para determinar las características del agua que pueden ser alteradas por los efluentes de las camaroneras adyacentes al Estuario. Se determinaron los parámetros: temperatura, pH, oxígeno disuelto, salinidad, transparencia del agua, así como la concentración de amonio, nitrito, nitrato, ortofosfato, DBO, sílice (como óxido de silicio) y sulfuro de hidrogeno para estimar su calidad. Los parámetros químicos fueron determinados, según el caso, por equipos multiparámetros o por colorimetría. Adicionalmente se determinó la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO₅). Los resultados obtenidos fueron comparados con la normativa publicados en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), para de comprobar la variación en las características fisicoquímicas deseables. La calidad del agua estuvo dentro de los niveles ambientales mencionados por TULSMA para las variables oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, Nitrato y Nitritos. Mientras que la DBO₅ durante pleamar es superior al Limite permisible lo que indica una alta descomposición de materia orgánica en pleamar. Con respecto a los parámetros Fosfato, Silicato, Nitrógeno amoniacal y Sulfuro de Hidrógeno en general salían de los límites permisibles lo cual se explica por los procesos de descomposición que se incrementan principalmente durante la marea baja y que liberan estos compuestos a la columna de agua. Nuestros resultados indican que en los estuarios la marea tiene cierta capacidad, al menos en escalas espaciales y temporales cortas, para procesar aportes intermitentes de nutrientes derivados del aporte de las camaroneras que están en la cuenca parte superior de la cuenca baja del Río Chone.

Palabras clave: Calidad de Agua, Estuario, Chone, Manabí, Ecuador

INTRODUCCIÓN

Un estuario es un cuerpo de agua donde el río se encuentra con el mar y se forma cuando las aguas dulces provenientes de ríos y quebradas fluyen hacia el océano y se mezclan con el mar e involucra una gran diversidad de hábitats tales como: aguas poco profundas, pantanos de agua dulce y agua salada, playas arenosas, llenos de arena y lodo, costas rocosas, arrecifes de ostras, bosques de mangles, deltas de ríos, lechos de algas marinas y pantanos boscosos (EPA, 2018).

Este ecosistema estuarino figura entre los más productivos en la tierra, con una productividad comparable a la de bosques, prados o tierras agrícolas. En general, los estuarios son críticos para la supervivencia de muchas especies y el mantenimiento del equilibrio ecológico que existe entre los organismos que viven en la tierra y que utilizan la productividad estuarina para su sustento. Así, los organismos dependen de las aguas estuarinas como lugares seguros para alimentación y reproducción, de aquí el sobrenombre dado a los estuarios de "cunas marinas" y por ello son objeto de estudios científicos de gran importancia.

El Estuario del río Chone es punto de interés para el desarrollo de actividades económicas y ha experimentado un enorme crecimiento en la producción y explotación de especies de cultivo por el desarrollo de granjas camarónicas en sus riberas. Esta práctica ha tenido como resultado ser un potente motor en la economía nacional y una actividad que permite la subsistencia de los pobladores. Y por otro lado, esta actividad ha conducido a la deforestación de cientos de hectáreas de manglar, el uso de herbicidas, a una disminución del stock de peces y como consecuencia disminución de las capturas por pesca (Hamilton, 2011) y por ello es muy probable que esta intervención haya perturbando el balance natural de este importante ecosistema que puede constituirse como una amenaza para su integridad. De igual manera ha perturbado la calidad del agua y la diversidad de biota. La camaronicultura involucra: el uso indiscriminado de antibióticos, la pérdida de hábitats del bosque de manglar y los problemas de calidad del agua por el drenaje de efluentes.

En una encuesta realizada a pobladores del área quedó claro que, dentro del estuario de Chone (Hamilton, 2011), la calidad del agua ha disminuido debido al agotamiento de los manglares y las prácticas de cultivo de camarones. Esta declaración está respaldada en el único estudio revisado por pares de la calidad del agua en el estuario de Chone (Stram *et al.* 2005).

Es probable que el estuario esté sufriendo de agotamiento de oxígeno y altos niveles de carga de nutrientes debido a la gran magnitud de las granjas de camarones (Stram *et al.* 2005). Esto puede deberse en parte a la pérdida del filtro de manglar que mitigaba la escorrentía agrícola terrestre.

Por estas razones se hace impostergable generar información que dan cuenta de las condiciones actuales de las aguas del estuario y cuya data podría utilizarse como estudios de línea base a fin de mitigar, proteger y restaurar estos recursos en su valor natural, económico y estético, así como el impacto de la explotación de los recursos del estuario. Es por ello que el objetivo de este estudio fue determinar las variaciones temporales en la calidad del agua en un tramo del estuario del Río Chone cercano a Bahía de Caráquez y comparar los resultados con la normativa ambiental ecuatoriana (TULSMA, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El estuario del Río Chone se encuentra en el cantón Sucre, en la parroquia Bahía de Caráquez, sector Leónidas Plaza. Tiene una longitud aproximada de 30 Km. de los cuales un ancho de 3 Km. ocupa la parte más amplia y 15 metros la parte más angosta. La mayor concentración de población está en las áreas urbanas de Bahía de Caráquez y San Vicente. El estuario posee dos áreas protegidas: el Refugio de Vida Silvestre “La Isla Corazón y las Islas Fragatas” y el Humedal La Segua que es sitio Ramsar desde el año 2000 (Coello y Macías, 2006). El clima es variable con una temperatura que oscila entre los 25 °C y los 29 °C.

El estudio fue realizado en el año 2014, en períodos de lluvia y sequía y tomando en consideración la altura de la marea: pleamar y bajamar. Las muestras fueron tomadas a nivel superficial. Se establecieron cuatro estaciones a lo largo del estuario. Las coordenadas de las estaciones fueron: Estación 1 (Casa Ceibo). 0°38'02.55"S // 80°23'51.94" O.; Estación 2 (UTM). 0°37'09.97"S // 80°25'20.46" O.; Estación 3 (Museo). 0°36'14.87"S // 80°25'20.88" O. y Estación 4 (Ciudadela Norte). 0°35'53.47"S // 80°25'13.57" O. (Figura 1).

Dentro de las características: la temperatura, pH y oxígeno disuelto fueron tomadas *in situ* con el Multiparámetro portátil Thermo Scientific Orion Star. La salinidad fue estimada con un salinómetro manual Veegee STX-3. La transparencia del agua por la visibilidad del Disco de Secchi. Parámetros químicos tales como la concentración de amonio, nitrito, nitrato, ortofosfato, sílice (como óxido de silicio) y sulfuro de hidrógeno fueron determinados por colorimetría contra una curva de calibración de los diferentes compuestos a las longitudes de onda requeridas con un espectrofotómetro HACH DR2010.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) se determinó por metodologías estandarizadas que se explican detalladamente en el APHA (2017). Los resultados obtenidos en las diferentes estaciones fueron comparados con los valores límites publicados en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA), Libro VI, anexo 1, para de comprobar

la variación en las características fisicoquímicas deseables o permisibles para evaluar la calidad del agua.



Figura 1. Ubicación de las Estaciones de Muestreo para el estudio de Calidad de Agua del Estuario del Río Chone

RESULTADOS

Los valores de oxígeno disuelto entre estaciones climáticas son similares al del límite permisible en especial en bajamar, mientras que, en la estación seca, en pleamar se encontró una concentración de oxígeno mayor al del límite permisible de 5 mg/l del TULSMA. (Figura 2a). No obstante, es claro que una mayor concentración de oxígeno es una característica deseable en los ambientes acuáticos y concentraciones altas de oxígeno son deseables.

La temperatura de las muestras del estuario osciló entre 26,5 y 29 °C, se mostraron menores que la señalada en el TULSMA, tanto en época lluviosa o seca, siempre estuvo por debajo del límite permisible de 32 °C, y sólo en la estación lluviosa se encontraron diferencias estadísticas ($p < 0.01$) entre mareas (Figura 2b). Probablemente la mayor concentración de oxígeno disuelto se deba a que, cuando la temperatura disminuye, la disolución de oxígeno en el agua es mayor lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Trott y Alongy, (2000).

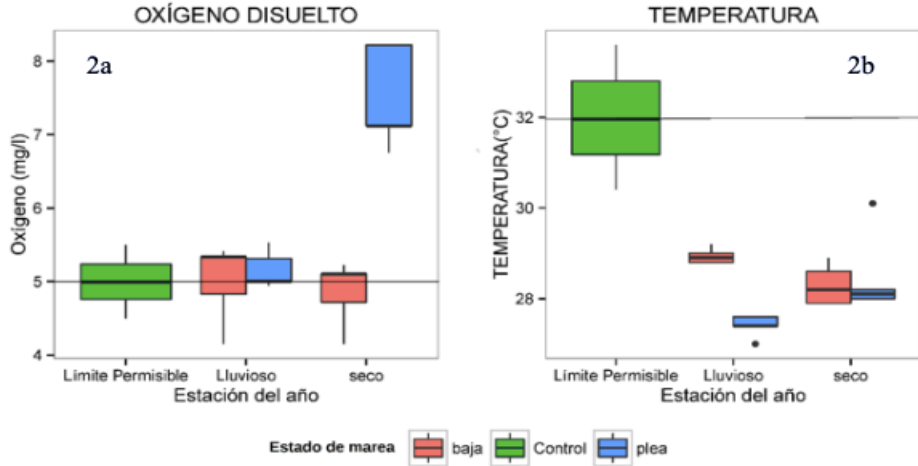


Figura 2. Comparación de la Concentración de Oxígeno (izquierda) y temperatura (derecha) según la estación climática, estado de marea y el límite permisible de TULSMA.

La determinación de de salinidad del estuario mostró que en bajamar siempre menores valores para ambas estaciones climáticas con respecto a la obtenida en altamar. Si comparamos con los valores permisibles del TULSMA son ligeramente mayores. No obstante, no pueden ser considerados como limitantes para la vida acuática (Figura 3a).

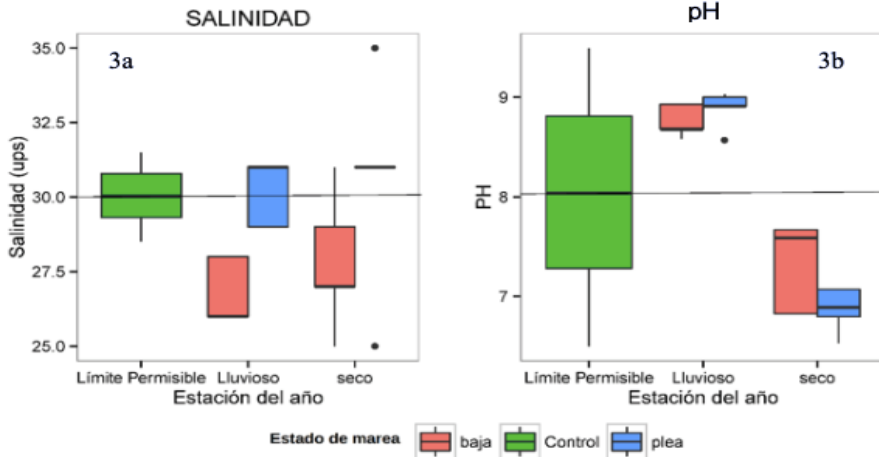


Figura 3. Comparación de la Salinidad (3a) y pH (3b) según la estación climática, estado de marea y el límite permisible de TULSMA.

En la figura 3b se muestra las variaciones que son permisibles para la el pH. En ambos casos el pH del agua del río Chone muestra tener una buena capacidad amortiguadora. Se destaca que

en la época lluviosa el pH es mayor que en la época seca. Otro aspecto importante es que los valores más altos de pH se presentaron en los sitios cercanos a la desembocadura del estuario en pleamar (Ciudadela Norte y Museo). Todos estos valores se encuentran en el rango del límite permisible de la TULSMA.

La transparencia al Disco de Secchi mostró variaciones entre 10 y 45 cm para la época lluviosa y entre 10 y 55 cm para la época seca, y siempre fueron mayores en pleamar que en bajamar, se explica porque al ingresar aguas del océano al estuario lo hace llevando consigo gran cantidad de sedimentos en suspensión y con ello disminuye la visibilidad al disco de Secchi. De manera similar el ingreso de agua de escorrentía durante las lluvias disminuye la visibilidad en la época lluviosa (Figura 4a).

La DBO₅ fue diferente entre las estaciones climáticas y entre mareas ($p < 0.01$), su valor estuvo por encima del límite permisible en la estación lluviosa en baja mar (Figura 4b). Cabe destacar que los valores más altos también se presentaron en las estaciones de muestreo cercanas a la desembocadura del estuario (ciudadela Norte y Museo).

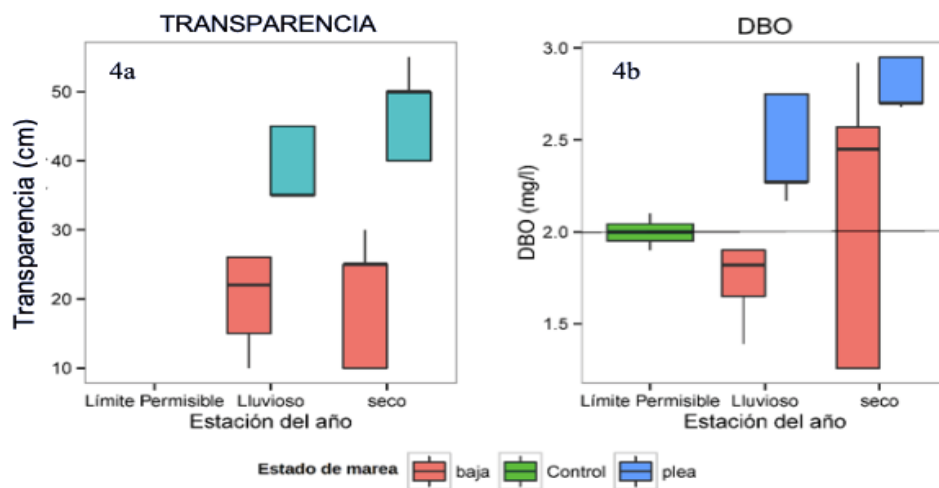


Figura 4. Comparación de la transparencia del Disco de Secchi (4a) para las época seca y lluviosa y Demanda Bioquímica de Oxígeno (4b) según la estación climática, estado de marea y el límite permisible de TULSMA.

Las concentraciones de nitrato (Figura 5a) y nitrito (Figura 5b) fueron significativamente menores con respecto a los límites permisible mostrado por el TULSMA ($p < 0.01$). Esta baja concentración de nitratos y nitritos puede ser resultado de una disminución del proceso de la nitrificación en el ecosistema estuarino el cual depende de la generación de Nitrógeno amoniacal producto de la descomposición de la materia orgánica y/o a una reducción de la fijación de nitrógeno molecular en el ecosistema acuático (Damashek y Francis, 2018)

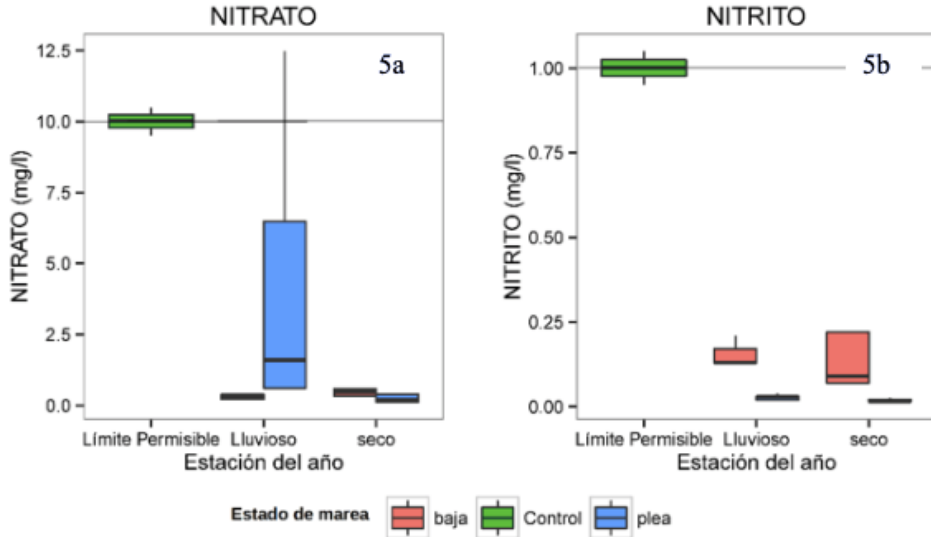


Figura 5. Comparación de las concentraciones de Nitrato (5a) y Nitrito (5b) según la estación climática, estado de marea y el límite permisible de TULSMA.

Las concentraciones de Fosfato durante los períodos estudiados se muestran en la Figura 6. En la estación seca durante marea baja se registraron concentraciones de muy por encima del LP ($p < 0.01$), probablemente se deba a anoxia en las aguas profundas que liberan fosfato desde los sedimentos a las aguas. Los demás valores durante la época de lluvia (pleamar y bajamar) y sequía (pleamar) muestra bajas concentraciones de fosfato que se explican por la fijación del fosfato en el fondo oxigenado y utilización por parte de los organismos fotosintéticos.

Como es sabido, el silicato es necesario para que las microalgas, en especial diatomeas, tengan el elemento esencial para construir sus frústulas. Por ello es común hallar altas concentraciones de este compuesto en aguas marinas y salobres. La concentración de silicato se muestra en la Figura 6b. Su concentración es alta respecto al Límite Permisible (4.85 mg/l) principalmente en marea baja ($p < 0.01$). En estos dos indicadores no hubo diferencias marcadas entre estaciones de muestreo ($p > 0.01$)

La concentración de nitrógeno amoniacal se muestra en la Figura 7a. Su concentración fue alta en el período seco, marea baja, lo que parece coincidir con una alta descomposición de materia orgánica que consume el oxígeno y provoca la amonificación de la materia orgánica en descomposición. La amonificación convierte entonces la materia orgánica o nitrógeno orgánico reducido ($R-NH_2$) a nitrógeno inorgánico reducido (NH_4^+) a través de la acción de los microorganismos (bacterias) (Spetter *et al.*, 2013).

Las concentraciones de nitrógeno amoniacal fueron mayores que el límite permisible (0.4 mg/l) durante la marea baja en ambas estaciones climáticas, esto puede explicarse por la descomposición de materia orgánica cuando la marea esta baja. En marea alta los valores de nitrógeno amoniacal fueron inferiores a los colocados como límite permisible en la TULSMA.

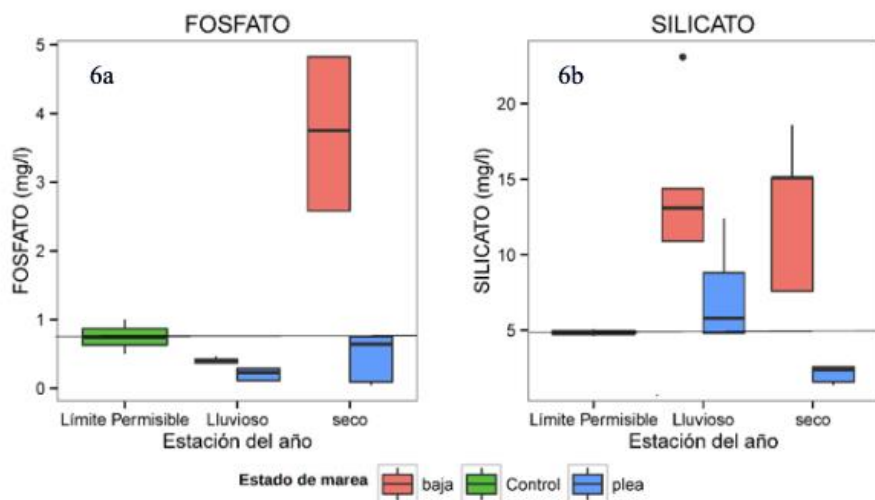


Figura 6. Comparación de Fوسفato (izquierda) y Silicato (derecha) según la estación climática, estado de marea y el límite permisible de TULSMA.

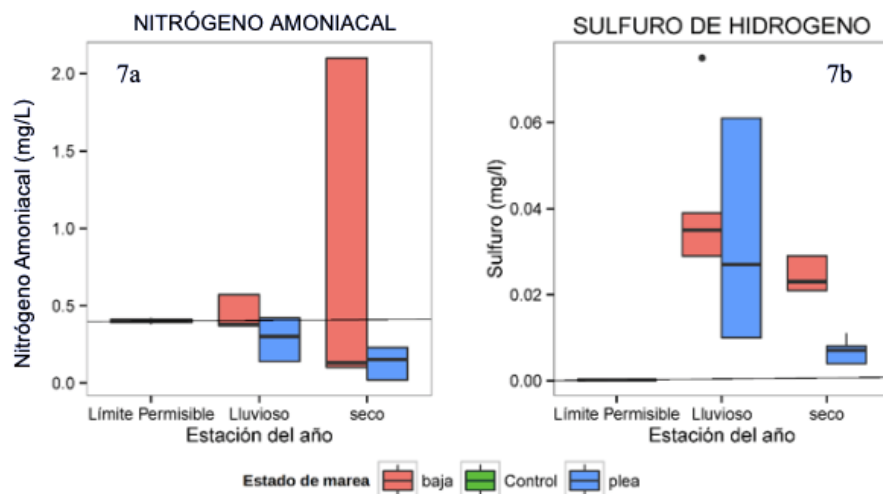


Figura 7. Comparación del Nitrógeno amoniacal (izquierda) y Sulfuro de Hidrógeno (derecha) según la estación climática, estado de marea y el límite permisible de TULSMA.

Es un producto natural de la descomposición de los compuestos orgánicos nitrogenados. Las aguas superficiales no deben contener normalmente amoníaco. En general, la presencia de amoníaco libre o ion amonio se considera como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa. Si el medio es aerobio, el nitrógeno amoniacal se transforma en nitritos.

CONCLUSIONES

La constante dinámica estacionales y de fluctuación de mareas en los sistemas estuarinos involucran que deben verse estos ecosistemas como fluctuantes en cuanto a las variables fisicoquímicas y de nutrientes lo cual puede afectar la biota de los estuarios.

Al comparar las variables fisicoquímicas con las presentadas en el TULSMA se pudo verificar que las variables oxígeno disuelto, temperatura, salinidad, pH, nitrato y nitritos cumplían con la normativa. La DBO5 durante pleamar fue superior a la reportada en el TULSMA lo que señala una alta descomposición de materia orgánica en pleamar.

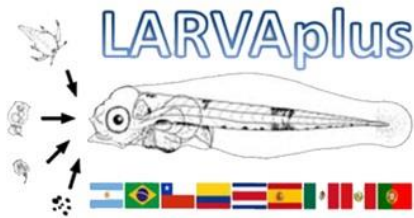
Con respecto a los parámetros fosfato, silicato, nitrógeno amoniacal y sulfuro de hidrógeno encontrados en el estuario se verifica que salían de los límites permisibles lo cual se explican por los procesos de descomposición que se incrementan principalmente durante la marea baja y que liberan estos compuestos a la columna de agua. En el caso del fósforo por liberación a partir de los sedimentos y los demás por descomposición de la materia orgánica.

En el periodo seco en pleamar la concentración de oxígeno fue significativamente más alta en relación al periodo lluvioso, el pH en el periodo lluvioso y la pleamar fue más alto significativamente en relación al periodo seco. El nitrito y el fosfato en el periodo seco y marea baja alcanzaron la mayor concentración en relación al periodo lluvioso. El nitrato y el sulfuro de hidrogeno en el periodo lluvioso y pleamar su concentración fue más alta de forma significativa en relación al periodo seco. La sílice y el amoníaco alcanzaron la mayor concentración en el periodo seco y bajamar.

REFERENCIAS

- APHA. 2017. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.
- Camargo, J. A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater. *Chemosphere*, 1255-1267.

- Camargo, J. y. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: *Environment International*, 31-32, 831-849.
- Coello, S. & R. Macías (2006). Estudio de Zonificación y Manejo de Conflictos de la Pesca Artesanal en la UCV Bahía de Caráquez. Informe de Consultoría para el Programa de Manejo de Recursos Costeros (PMRC).
- Damashek, J. & Francis, C.A. (2018). Microbial Nitrogen Cycling in Estuaries: From Genes to Ecosystem Processes. *Estuaries and Coasts*, 41: 626 – 660. <https://doi.org/10.1007/s12237-017-0306-2>
- Gobierno De La República Del Ecuador. (2015) Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua Libro Vi Anexo 1.
- Hamilton, S. E. (2011). The Impact of Shrimp Farming on Mangrove Ecosystems and Local Livelihoods Along the Pacific Coast of Ecuador (Dissertations. 656. Abstract of a Dissertation Submitted to the Graduate School of The University of Southern Mississippi in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H., & Stahl, D. A. (2015). *Brock biology of microorganisms* (Fourteenth edition.). Boston: Pearson.
- Spetter, C.V.; Freije, R.H. y Marcovecchio, J.E. (2013). Ciclo biogeoquímico de los nutrientes en estuarios. En: Marcovecchio, J., & Freije, R. H. Procesos Químicos en Estuarios. Bahía Blanca – Argentina. Universidad Tecnológica Nacional.
- Stram, D. L., C. R. Kincaid & D. E. Campbell (2005) Water Quality Modeling in the Rio Chone Estuary. *Journal of Coastal Research*, 21:797-810.
- Trott, L.A. and Alongi D.M. 2000. The Impact of Shrimp Pond Effluent on Water Quality and Phytoplankton Biomass in a Tropical Mangrove Estuary. *Marine Pollution Bulletin* 40 (11): 947-951
- United States Environmental Protection Agency (EPA). 2018. Basic Information about Estuaries. National Estuary Program (NEP). <https://www.epa.gov/nep/basic-information-about-estuaries>. Fecha de Consulta (12 de Noviembre de 2019).



Firma



AQUA
CIBUS



Organizadores

MINISTERIO DE PRODUCCIÓN,
COMERCIO EXTERIOR, INVERSIONES Y PESCA



MINISTERIO DEL **AMBIENTE**



EL
GOBIERNO
DE TODOS



Secretaría de
**Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación**



AUNAP

INSTITUTO
NACIONAL
DE PESCA



ECUADOR



Parque Nacional
GALÁPAGOS
Ecuador



Instituciones Públicas



UNIVERSIDADE
DE VIGO



Universidad
Católica del Norte





Centro Nacional de Acuicultura e investigaciones marinas



Universidades e Institutos Educativos



**Cámara Ecuatoriana
de Industriales
y Procesadores
Atuneros**



*Grupo de Investigación sobre Biología de Moluscos
Universidad de Oriente*



**INBICUM
UTM**

AquaTechnica



**Red
Acuimol**

Biología y cultivo de moluscos, Ecuador



RED ACUIDERMOS

BIOLOGÍA Y CULTIVO DE EQUINODERMOS



Asociaciones, Grupos de investigación y Otros



Empresas Privadas